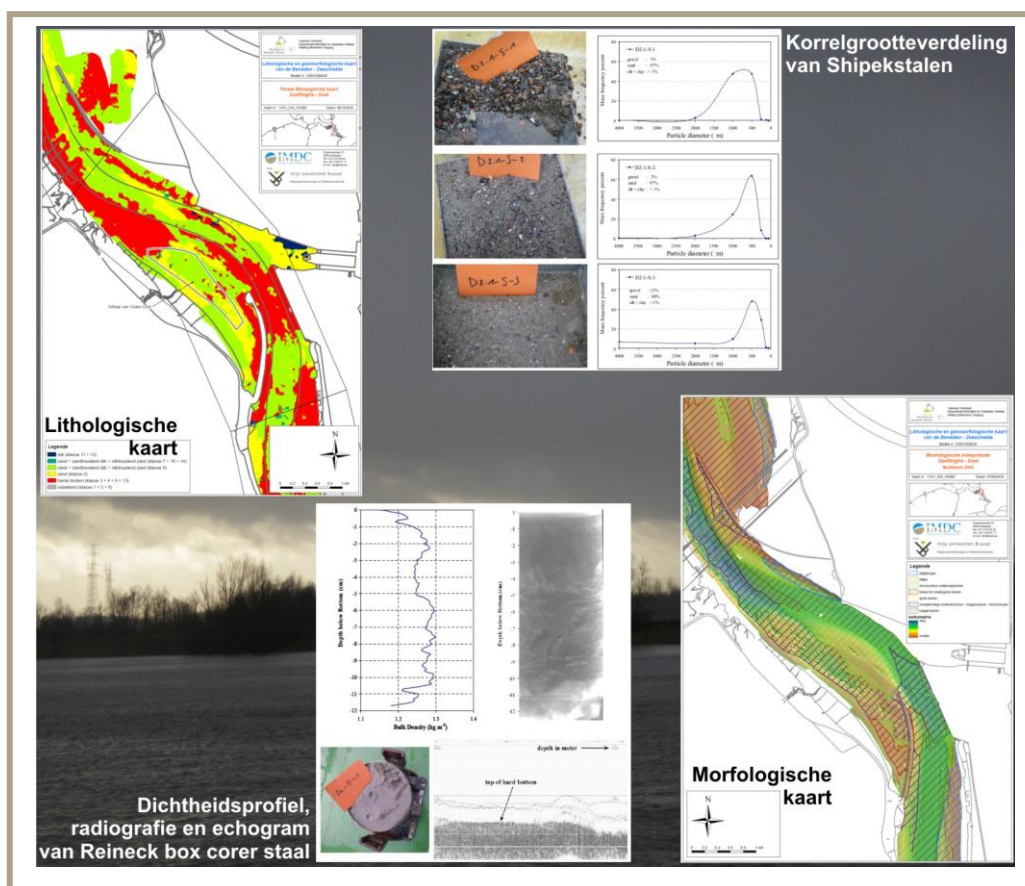


Lithologische en geomorfologische kaart van de Beneden-Zeeschelde



Analyserapport: Opmaak en Interpretatie

Colofon

Foto titelblad: Analyseresultaten van Shipek en box corer stalen samen met deelkaarten van de geomorfologische en lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde.

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Coveliersstraat 15, 2600 Antwerp, Belgium

☎: + 32 3 270 92 95

📠: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Titel	Analyserapport: Opmaak en Interpretatie
Project	Lithologische en geomorfologische kaart van de Beneden-Zeeschelde
Opdrachtgever	Vlaamse Overheid Departement Mobiliteit en Openbare Werken - Afdeling Maritieme Toegang
Documentnaam	K:\PROJECTS\11\11341 - Lithologische kaart Schelde\10-Rap\RA10.064_analyserapport\Ra10.064_Analyse en interpretatie_v3.0.docx
Documentref	I/RA/11341/10.064/MIM

Revisies / Goedkeuring

Versie	Datum	Omschrijving	Auteurs	Nazicht	Goedgekeurd
3.0	28/10/2010	Finale versie	MIM/JDW/JCA (IMDC) Margaret Chen (VUB) Stanislas Wartel (VUB) Florimond De Smedt (VUB)	JME	MSA

Verdeellijst

15	Analoog	Frederik Roose (Afdeling Maritieme Toegang)
1	Digitaal	Frederik Roose (Afdeling Maritieme Toegang)

Inhoudstafel

1. INLEIDING	1
1.1. OPDRACHT.....	1
1.2. DOELSTELLING	1
1.2.1. <i>Algemene doelstelling</i>	1
1.2.2. <i>Specifieke doelstelling</i>	1
1.3. OVERZICHT EN AANPAK VAN DE STUDIE	2
1.4. OPBOUW VAN HET ANALYSERAPPORT (DEELRAPPORT 2)	3
2. LITHOLOGISCHE KAART	5
2.1. ALGEMEEN	5
2.2. VERZAMELEN EN ANALYSEREN VAN SEDIMENTSTALEN	5
2.2.1. <i>Controlestalen</i>	5
2.2.1.1. Staalnamecampagne	5
2.2.1.2. Gebruikte apparatuur	6
2.2.1.3. Uitgevoerde analyses	6
2.2.1.4. Analyseresultaten.....	8
2.2.2. <i>Calibratiestalen</i>	8
2.2.2.1. Staalnamecampagne	8
2.2.2.2. Gebruikte apparatuur	9
2.2.2.3. Uitgevoerde analyses	10
2.2.2.3.1 Bepaling van de korrelgrootteverdeling.....	11
2.2.2.3.1.1 Sedigraaf methode voor de bepaling van het korrelgroottespectrum	11
2.2.2.3.1.2 Vergelijking korrelgrootteanalyse methodes: Sedigraaf vs. Malvern Mastersizer	11
2.2.2.3.2 Bepaling van het calciumcarbonaatgehalte of kalkgehalte	12
2.2.2.3.3 Bepaling van het organisch materiaal	13
2.2.2.3.4 Bepaling van het soortelijk oppervlak	13
2.2.2.3.5 Bepaling van de bulk dichtheid van het bodemsediment	14
2.2.2.3.6 Radiografische analyse van bodem sedimentstructuren.....	14
2.2.2.4. Analyseresultaten.....	15
2.2.2.4.1 Korrelgrootteverdeling van de Shippek en Van Veen stalen	15
2.2.2.4.2 Kalkgehalte, hoeveelheid organisch materiaal en soortelijk sedimentoppervlak	21
2.2.2.4.3 Densiteitsprofielen en structuur van het sediment	22
2.2.3. <i>Validatiestalen</i>	22
2.2.3.1. Staalnamecampagne	22
2.2.3.2. Gebruikte apparatuur en uitgevoerde analyses	24
2.2.3.3. Analyseresultaten.....	24
2.3. OPMAAK LITHOLOGISCHE KAART D.M.V. GESUPERVISEERDE CLASSIFICATIE.....	25
2.3.1. <i>Opstellen calibratie catalogusbestand</i>	25
2.3.1.1. Opmaak akoestische classificatiekaarten van de calibratie referentiezones	25

2.3.1.2.	Vergelijking classificatiekaarten van de referentiezones met calibratiestalen	25
2.3.1.3.	Vergelijking calibratiekaarten onderling.....	29
2.3.1.4.	Besluit.....	30
2.3.2.	<i>Toepassen calibratie catalogus op Beneden-Zeeschelde kaarten</i>	<i>30</i>
2.3.2.1.	Opmaak gecalibreerde classificatiekaarten van de Beneden-Zeeschelde.....	30
2.3.2.2.	Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeeschelde kaarten met de calibratie- en controlestalen..	30
2.3.2.3.	Besluit.....	33
2.3.3.	<i>Beste lithologische kaart d.m.v. gesuperviseerde classificatie.....</i>	<i>34</i>
2.3.3.1.	Te onderscheiden lithologische klassen	34
2.3.3.2.	Extra validatiestalen in onbekende gebieden	34
2.3.3.3.	Besluit.....	35
2.4.	OPMAAK LITHOLOGISCHE KAART D.M.V. ONGESUPERVISEERDE CLASSIFICATIE	36
2.4.1.	<i>Algemeen.....</i>	<i>36</i>
2.4.2.	<i>Optimaal aantal klassen.....</i>	<i>36</i>
2.4.3.	<i>Vergelijking ongesuperviseerde kaart en controlestalen: indeling in lithologische klassen</i>	<i>36</i>
2.5.	ALGEMEEN BESLUIT: FINALE LITHOLOGISCHE KAART	40
2.5.1.	<i>Keuze: 33x33_14 klassen, ongesuperviseerde classificatie</i>	<i>40</i>
2.5.2.	<i>Beschrijving van de finale lithologische kaart</i>	<i>40</i>
2.6.	LITHOLOGISCHE EVOLUTIE TUSSEN 1999 EN 2009.....	41
2.6.1.	<i>Sectie 1 – Belgisch-Nederlandse grens tot Blauwgaren.....</i>	<i>42</i>
2.6.1.1.	Harde bodem	42
2.6.1.2.	Zand.....	42
2.6.1.3.	Slib	42
2.6.2.	<i>Sectie 2 – Blauwgaren tot Belgische Sluis</i>	<i>43</i>
2.6.2.1.	Harde bodem	43
2.6.2.2.	Zand.....	43
2.6.2.3.	Slib	43
2.6.3.	<i>Sectie 3 – Belgische Sluis tot Fort Filip</i>	<i>44</i>
2.6.3.1.	Harde bodem	44
2.6.3.2.	Zand.....	44
2.6.3.3.	Slib	44
2.6.4.	<i>Sectie 4 – Fort Filip tot Boomke</i>	<i>45</i>
2.6.4.1.	Harde bodem	45
2.6.4.2.	Zand.....	45
2.6.4.3.	Slib	45
2.6.5.	<i>Sectie 5 – Boomke to Royerssluis.....</i>	<i>46</i>
2.6.5.1.	Harde bodem	46
2.6.5.2.	Zand.....	46
2.6.5.3.	Slib	46

2.6.6.	<i>Sectie 6 – Royerssluis tot Burcht</i>	47
2.6.6.1.	Harde bodem	47
2.6.6.2.	Zand.....	47
2.6.6.3.	Slib	47
2.7.	RELATIE PENETRATIE-BACKSCATTER AKOESTISCH SIGNAAL EN SEDIMENTEIGENSCHAPPEN	48
3.	GEOMORFOLOGISCHE KAART	50
3.1.	ALGEMEEN	50
3.2.	METHODOLOGIE INTERPRETATIE VAN MULTIBEAM	50
3.3.	BESCHRIJVING GEOMORFOLOGISCHE KAART 2009	52
3.3.1.	<i>Grote duinen</i>	52
3.3.2.	<i>Kleine tot middelgrootte duinen</i>	52
3.3.3.	<i>Afglijdingen</i>	52
3.3.4.	<i>Klifjes</i>	52
3.3.5.	<i>Structuurloze oppervlaktes</i>	52
3.3.6.	<i>Onregelmatige structuren</i>	53
3.4.	GEOMORFOLOGISCHE EVOLUTIE TUSSEN 1999 EN 2009	53
3.4.1.	<i>Sectie 1 – Belgisch-Nederlandse grens tot Blauwgaren</i>	53
3.4.2.	<i>Sectie 2 – Blauwgaren tot Belgische Sluis</i>	54
3.4.3.	<i>Sectie 3 – Belgische Sluis tot Meestoof</i>	54
3.4.4.	<i>Sectie 4 – Meestoof tot Boomke</i>	55
3.4.5.	<i>Sectie 5 – Boomke tot Royerssluis</i>	55
3.4.6.	<i>Sectie 6 – Royerssluis tot Burcht</i>	56
3.4.7.	<i>Sectie 7 – voorkomen van harde bodems in de omgeving van de Royerssluis.</i>	56
3.4.8.	<i>Sectie 8 - voorkomen van harde bodems in de nabijheid van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis.</i>	57
4.	ALGEMEEN BELUIT EN ADVIEZEN NAAR DE TOEKOMST TOE.....	58
4.1.	MULTIBEAM IS MEEST GESCHIKTE TECHNIEK VOOR OPSTELLEN LITHOLOGISCHE EN GEOMORFOLOGISCHE KAART	58
4.2.	ADVIEZEN NAAR DE TOEKOMST VOOR HET VERBETEREN VAN DE LITHOLOGISCHE EN GEOMORFOLOGISCHE KAART	58
4.2.1.	<i>Multibeam opnames verbeteren</i>	58
4.2.1.1.	Gebruik van lagere frequentie.....	58
4.2.1.2.	Gebruik van twee opnameschepen is mogelijk	59
4.2.1.3.	Moment in getijcyclus is niet van belang.....	59
4.2.1.4.	Gebruikte vaarsnelheid en ping rate is van groot belang	60
	Lithologische kaart	60
	Geomorfologische kaart	60
4.2.1.5.	Indien mogelijk in de toekomst werken met ‘gecleande’ multibeam data	60
4.2.2.	<i>Staalnamecampagnes verbeteren</i>	61
4.2.2.1.	‘supervised classification’ d.m.v. een calibratiecatalogus.....	61

4.2.2.2.	‘unsupervised classification’ van de gehele Beneden-Zeeschelde dataset	61
4.2.3.	Overeenkomst akoestische klassen en lithologie verbeteren	62
4.2.4.	Visualisatieparameters voor kaarten verbeteren	63
4.2.5.	Hoe het aantal lithologische klassen verhogen?	63
5.	REFERENTIES.....	64

Bijlagen

BIJLAGE A	CONTROLE SEDIMENTSTAALNAMES	65
BIJLAGE B	CALIBRATIE SEDIMENTSTAALNAMES.....	79
BIJLAGE C	CALIBRATIE ANALYSERESULTATEN: KORRELGROOTTEVERDELINGSCURVES	89
BIJLAGE D	CALIBRATIE ANALYSERESULTATEN: DENSITEITSPROFIELEN EN STRUCTUUR BODEM	115
BIJLAGE E	VALIDATIE SEDIMENTSTAALNAMES	145
BIJLAGE F	VERGELIJKING CLASSIFICATIEKAARTEN REFERENTIEZONES MET CALIBRATIESTALEN	153
BIJLAGE G	VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDE KAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN.....	163
BIJLAGE H	DE GESUPERVISEERDE LITHOLOGISCHE KAART 2009 OP BASIS VAN DE CALIBRATIECATALOGUS (33X33 15 KLASSEN).....	175
BIJLAGE I	DE ONGESUPERVISEERDE LITHOLOGISCHE KAART 2009 OP BASIS VAN DE VOLLEDIGE BENEDEN-ZEESCHELDE BACKSCATTER DATASET (33X33 14 KLASSEN) 179	179
BIJLAGE J	VERGELIJKING TUSSEN DE GESUPERVISEERDE (33X33_15 KLASSEN) EN DE ONGESUPERVISEERDE KAART (33X33_14 KLASSEN) VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE 183	183
BIJLAGE K	DE FINALE LITHOLOGISCHE KAART 2009	187
BIJLAGE L	DE LITHOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL., 2000)	203
BIJLAGE M	DE GEOMORFOLOGISCHE KAART 2009	207
BIJLAGE N	DE GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL., 2000).....	223

Lijst van tabellen

TABEL 2-1	CONTROLE STAALNAMECAMPAGNES	6
TABEL 2-2	CALIBRATIE STAALNAMECAMPAGNE	9
TABEL 2-3	SEDIMENTSAMENSTELLING BEKOMEN VOLGENS TWEE VERSCHILLENDE METHODES: SEDIGRAAF EN MASTERSIZER.....	12
TABEL 2-4	VERGELIJKING VAN DE SEDIMENTKLASSEN GEBRUIKT IN DE LITHOLOGISCHE KAARTEN VAN DE SCHELDE IN 1963 EN 1987 (BASTIN 1973; BASTIN 1987) EN IN DE LITHOLOGISCHE KAART VAN DE SCHELDE UIT 1999 WARTEL ET AL., 2000)	15
TABEL 2-5	GRENZEN VAN DE SEDIMENTSAMENSTELLING GEBRUIKT VOOR DE OPSTELLING VAN SEDIMENTKLASSEN ZOWEL VOOR DE LITHOLOGISCHE KAART VAN 1999 ALS DEZE VAN 2009.	17

TABEL 2-6 SLIBBODEM – REFERENTIEZONE D1: SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI.....	18
TABEL 2-7 HARDE BODEM (GRIND) – REFERENTIEZONE D2.1: SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI.....	18
TABEL 2-8 HARDE BODEM (KLEI) – REFERENTIEZONE D2.2: SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI.....	19
TABEL 2-9 ZANDHOUDENDE SLIBBODEM – REFERENTIEZONE D3: SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI.....	19
TABEL 2-10 SLIBHOUDENDE ZANDBODEM – REFERENTIEZONE D4: SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI.....	20
TABEL 2-11 ZANDBODEM – REFERENTIEZONE D5: SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI.....	20
TABEL 2-12 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE SEDIMENTSAMENSTELLING EN VERHOUDING SILT/KLEI VOOR IEDERE REFERENTIEZONE.....	20
TABEL 2-13 GEMIDDELD GEHALTE AAN CALCIUMCARBONAAT VAN ALLE STALEN.....	21
TABEL 2-14 GEMIDDELD GEHALTE AAN ORGANISCH MATERIAAL VAN ALLE STALEN.....	21
TABEL 2-15 GEMIDDELD SOORTELIJK OPPERVLAKE (SSA) VAN ALLE STALEN.....	21
TABEL 2-16 OVERZICHT VAN 'OUTLYERS' BINNEN EEN BEPAALDE REFERENTIEZONE PER CALIBRATIEKAART.....	29
TABEL 2-17 HET AANTAL CONTROLESTALEN PER AKOESTISCHE KLASSE, OPGESPLITST NAAR LITHOLOGISCHE INTERPRETATIE (HARDE BODEM, ZAND, SLIB, MIX: ZANDHOUDEND SLIB OF SLIBHOUDEND ZAND).....	37
TABEL 2-18 MOGELIJKS MAXIMUM PENETRATIEDIEPTE VAN HET 30 KHZ SIGNAAL VOOR DE ZES BODEMTYPES.....	49
TABEL 3-1 DE ZEVEN GEÏDENTIFICEERDE MORFOLOGISCHE EENHEDEN OP DE 2009 MORFOLOGISCHE KAART.....	50
TABEL A-1 SEDIMENTSTAALNAMES TER CONTROLE VAN DE LITHOLOGISCHE KAART, GENOMEN KORT NA DE SECTIEKAART PEILINGEN. POSITIE IN UTM WGS84 (31N), VISUELE INTERPRETATIE VAN DE STALEN. BIJ VERSCHILLENDE POGINGEN STAAT 1 ^{STE} POGING (1X) EN VOLGENDE POGING VERMELD (2X).....	67
TABEL A-2 INTERPRETATIE CONTROLESTALEN NA MASTERSIZER ANALYSE DOOR HET WL, VERGELEKEN MET DE VISUELE INTERPRETATIE. KOLOM 2 = VISUELE INTERPRETATIE AAN BOORD, KOLOM 3 = KORRELGROOTTE ANALYSERESULTAAT, KOLOM 4 = FINALE INTERPRETATIE. WANNEER DE UITEINDELIJKE INTERPRETATIE VERSCHILT VAN DE VISUELE, ZIJN DE GEGEVENS AANGEDUID IN VET.	73
TABEL B-1 SEDIMENTSTAALNAMES TER CALIBRATIE VAN DE LITHOLOGISCHE KAART. POSITIE IN UTM WGS84 (31N), VISUELE INTERPRETATIE VAN DE STALEN. D1= DAG 1-SLIB REFERENTIEZONE, D2.1= DAG 2-HARDE BODEM GRIND REFERENTIEZONE, D2.2= DAG 2- HARDE BODEM KLEI REFERENTIEZONE, D3= DAG 3-ZANDHOUDEND SLIB REFERENTIEZONE, D4= DAG 4-SLIBHOUDEND ZAND REFERENTIEZONE, D5= DAG5-ZAND REFERENTIEZONE. V= VAN VEEN, S= SHIPEK, B= REINECK BOX CORER. HW= HOOGWATER, LW= LAAGWATER.....	81
TABEL B-2 INTERPRETATIE CALIBRATIESTALEN NA ANALYSES DOOR VUB, VERGELEKEN MET DE VISUELE INTERPRETATIE. KOLOM 2 = VISUELE INTERPRETATIE AAN BOORD, KOLOM 3 = KORRELGROOTTE ANALYSERESULTAAT, KOLOM 4 = FINALE INTERPRETATIE ZOALS WEERGEGEVEN OP DE KAARTEN.	84
TABEL E-1 SEDIMENTSTAALNAMES TER VALIDATIE VAN DE FINALE GECALIBREERDE LITHOLOGISCHE KAART (33x33_15 KLASSEN). POSITIE IN UTM WGS84 (31N), VISUELE INTERPRETATIE VAN DE STALEN.....	147

Lijst van figuren

FIGUUR 2-1 LINKS: SHIPEK BODEMGRIJPER; RECHTS: VAN VEEN GRIJPER	6
FIGUUR 2-2 TYPEVOORBEELDEN VOOR ELKE LITHOLOGISCHE KLASSE HERKEND TIJDENS DE CONTROLE STAALNAMECAMPAGNES (SHIPEK)	7
FIGUUR 2-3 OVERZICHTSKAARTJE MET DE LIGGING VAN DE ZES REFERENTIEZONES	9
FIGUUR 2-4 LINKS: REINECK BOX CORER VÓÓR TE WATER LATEN, MIDDEN: GESLOTEN BOX CORER NA STAALNAME, RECHTS: SUBSAMPLING VAN BOX CORER STAAL (SLIB)	10
FIGUUR 2-5 SAMENSTELLING VAN HET FIJNE SEDIMENT (SILT EN KLEI) BEKOMEN UIT TWEE VERSCHILLENDE METHODES: SEDIGRAAF VS MALVERN MASTERSIZER. ER WERD GEEN CORRELATIE GEVONDEN TUSSEN DE SEDIGRAAF EN DE MASTERSIZER METHODE.	12
FIGUUR 2-6 VERBAND TUSSEN HET GAZOMETRISCH BEPAALDE CALCIUMCARBONAAT EN DAT GEVONDEN NA VOLLEDIGE AFBRAAK MET CHLOORWATERSTOF.	13
FIGUUR 2-7 IJKING VAN DE BULK DICHTHEIDSBEPALING OP KERNEN.	14
FIGUUR 2-8 DRIEHOEKSDIAGRAM GEBASEERD OP SEDIMENT TEXTUUR PARAMETERS – ZAND, SILT EN KLEIGEHALTE, GEBRUIKT VOOR DE OPSTELLING VAN DE LITHOLOGISCHE KAART VAN DE SCHELDE IN 1999.	16
FIGUUR 2-9 DRIEHOEKSDIAGRAM GEBASEERD OP SEDIMENT TEXTUUR PARAMETERS – ZAND, SILT EN KLEIGEHALTE, GEBRUIKT VOOR DE OPSTELLING VAN DE LITHOLOGISCHE KAART VAN DE SCHELDE IN 2009. OPGELET, DE KEUREN EN NAAMGEVING IN DE LEGENDE WIJZEN OF DE REFERENTIEZONE WAAR HET STAAL GENOMEN IS, NIET OP DE UITEINDELIJKE LITHOLOGISCHE INTERPRETATIE!	16
FIGUUR 2-10 LOCATIES VOOR VALIDATIESTAALNAMES	22
FIGUUR 2-11 VALIDATIE STAALNAMELOCATIE TER HOOGTE VAN KRUIBEKE-HOBOKEN. LINKS: KAART 33x33_7 KLASSEN, RECHTS: 33x33_15 KLASSEN.	23
FIGUUR 2-12 VALIDATIE STAALNAMELOCATIE TEN NOORDEN VAN DOEL. LINKS: KAART 33x33_7 KLASSEN, RECHTS: 33x33_15 KLASSEN.	23
FIGUUR 2-13 LIGGING VAN DE 14 KLASSEN IN Q-SPACE. GELIJKKAARDIGE KLEUREN DUIDEN OP AKOESTISCH GELIJKKAARDIGE EIGENSCHAPPEN.	39
FIGUUR 2-14 CATALOGUS EN LEGENDE VOOR DE KLASSERING VAN BODEMSEDIMENT IN DE LITHOLOGISCHE KAARTEN VAN 1999 EN 2009.	41
FIGUUR 2-15 LITHOLOGISCHE KAARTEN 1999 (LINKERZIJDE, WARTEL ET AL., 2000) VERSUS 2009 (RECHTER ZIJDE) VOOR DE SECTIE BELGISCH-NEDERLANDSE GRENS TOT BLAUWGAREN (LEGENDE ZIE FIGUUR 2-14).	42
FIGUUR 2-16 LITHOLOGISCHE KAARTEN 1999 (LINKERZIJDE, WARTEL ET AL., 2000) VERSUS 2009 (RECHTER ZIJDE) VOOR DE SECTIE BLAUWGAREN TOT BELGISCHE SLUIS (LEGENDE ZIE FIGUUR 2-14).	43
FIGUUR 2-17 LITHOLOGISCHE KAARTEN 1999 (LINKERZIJDE, WARTEL ET AL., 2000) VERSUS 2009 (RECHTER ZIJDE) VOOR DE SECTIE BELGISCHE SLUIS TOT FORT FILIP (LEGENDE ZIE FIGUUR 2-14).	44
FIGUUR 2-18 LITHOLOGISCHE KAARTEN 1999 (LINKERZIJDE, WARTEL ET AL., 2000) VERSUS 2009 (RECHTER ZIJDE) VOOR DE SECTIE FORT FILIP TOT BOOMKE (LEGENDE ZIE FIGUUR 2-14).	45
FIGUUR 2-19 LITHOLOGISCHE KAARTEN 1999 (LINKERZIJDE, WARTEL ET AL., 2000) VERSUS 2009 (RECHTER ZIJDE) VOOR DE SECTIE BOOMKE TOT ROYERSSLUIS (LEGENDE ZIE FIGUUR 2-14).	46
FIGUUR 2-20 LITHOLOGISCHE KAARTEN 1999 (LINKERZIJDE, WARTEL ET AL., 2000) VERSUS 2009 (RECHTER ZIJDE) VOOR DE SECTIE ROYERSSLUIS TOT BURCHT (LEGENDE ZIE FIGUUR 2-14).	47

FIGUUR 3-1 GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 VOOR DE SECTIE BELGISCH-NEDERLANDSE GRENS TOT BLAUWGAREN.....	53
FIGUUR 3-2 GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 VOOR DE SECTIE BLAUWGAREN TOT BELGISCHE SLUIS.....	54
FIGUUR 3-3 GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 VOOR DE SECTIE BELGISCHS SLUIS TOT MEESTOOF.....	54
FIGUUR 3-4 GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 VOOR DE SECTIE MEESTOOF TOT BOOMKE	55
FIGUUR 3-5 GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 VOOR DE SECTIE BOOMKE TOT ROYERSSLUIS	55
FIGUUR 3-6 GEOMORFOLOGISCHE KAART 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 VOOR DE SECTIE ROYERSSLUIS TOT BURCHT.....	56
FIGUUR 3-7 VOORKOMEN VAN HARDE BODEMS IN 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 IN DE OMGEVING VAN DE ROYERSSLUIS.	56
FIGUUR 3-8 VOORKOMEN VAN HARDE BODEMS IN 1999 (WARTEL ET AL. 2000) VERSUS 2009 IN DE OMGEVING VAN DE BOUDEWIJN- EN VAN CAUWELAERTSLUIS.	57
FIGUUR C-1 REFERENTIEZONE D1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE VAN VEEN SAMPLES.	91
FIGUUR C-2 REFERENTIEZONE D1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE VLOED.....	92
FIGUUR C-3 REFERENTIEZONE D1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ HOOGWATERKENTERING.....	93
FIGUUR C-4 REFERENTIEZONE D1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE EB.....	94
FIGUUR C-5 REFERENTIEZONE D2.1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE VAN VEEN SAMPLES.	95
FIGUUR C-6 REFERENTIEZONE D2.1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE VLOED.....	96
FIGUUR C-7 REFERENTIEZONE D2.1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ HOOGWATERKENTERING.....	97
FIGUUR C-8 REFERENTIEZONE D2.1: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE EB.....	98
FIGUUR C-9 REFERENTIEZONE D2.2: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE VAN VEEN SAMPLES.	99
FIGUUR C-10 REFERENTIEZONE D2.2: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE VLOED	100
FIGUUR C-11 REFERENTIEZONE D2.2: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ HOOGWATERKENTERING	101
FIGUUR C-12 REFERENTIEZONE D2.2: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE EB	102
FIGUUR C-13 REFERENTIEZONE D3: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE VAN VEEN SAMPLES.	103
FIGUUR C-14 REFERENTIEZONE D3: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE VLOED.....	104

FIGUUR C-15 REFERENTIEZONE D3: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE EB.....	105
FIGUUR C-16 REFERENTIEZONE D4: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE VAN VEEN SAMPLES.	106
FIGUUR C-17 REFERENTIEZONE D4: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE EB.....	107
FIGUUR C-18 REFERENTIEZONE D4: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ LAAGWATERKENTERING.....	108
FIGUUR C-19. REFERENTIEZONE D4: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE VLOED.....	109
FIGUUR C-20 REFERENTIEZONE D5: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE VAN VEEN SAMPLES.	110
FIGUUR C-21 REFERENTIEZONE D5: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE EB.....	111
FIGUUR C-22 REFERENTIEZONE D5: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ LAAGWATERKENTERING.....	112
FIGUUR C-23 REFERENTIEZONE D5: SEDIMENT KORRELGROOTTEVERDELING VAN DE SHIPEK SAMPLES BIJ VOLLE VLOED.....	113
FIGUUR D-1 LOCATIE D1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D1-B-1, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	118
FIGUUR D-2 LOCATIE D1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D1-B-2, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	119
FIGUUR D-3 LOCATIE D1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), EN ECHOGRAM (BENEDEN MIDDEN) VOOR KERN D1-B-3, OPGENOMEN BIJ STROOMSTILSTAND NA VLOED.....	120
FIGUUR D-4 LOCATIE D1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D1-B-4, OPGENOMEN BIJ STROOMSTILSTAND NA VLOED.	121
FIGUUR D-5 LOCATIE D1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D1-B-5, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	122
FIGUUR D-6 LOCATIE D1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D1-B-6, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	123
FIGUUR D-7 LOCATIE D2.1 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D2.1-B-1, OPGENOMEN BIJ KENTERING NA VLOED.	124
FIGUUR D-8 LOCATIE D3 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D3-B-1, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	126
FIGUUR D-9 LOCATIE D3 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D3-B-2, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	127
FIGUUR D-10 LOCATIE D3 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D3-B-5, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	128

FIGUUR D-11 LOCATIE D3 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D3-B-6, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	129
FIGUUR D-12 LOCATIE D4 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D4-B-1, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	131
FIGUUR D-13 LOCATIE D4 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D4-B-2, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	132
FIGUUR D-14 LOCATIE D4 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D4-B-3, OPGENOMEN BIJ STROOMSTILSTAND NA EB.	133
FIGUUR D-15 LOCATIE D4 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D4-B-4, OPGENOMEN BIJ STROOMSTILSTAND NA EB.	134
FIGUUR D-16. LOCATIE D4 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D4-B-5, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	135
FIGUUR D-17 LOCATIE D4 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D4-B-6, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	136
FIGUUR D-18 LOCATIE D5 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), EN ECHOGRAM (BENEDEN MIDDEN) VOOR KERN D5-B-1, OPGENOMEN BIJ VOLLE EBSTROOM.	138
FIGUUR D-19 LOCATIE D5 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D5-B-3, OPGENOMEN BIJ STROOMSTILSTAND NA EB.	139
FIGUUR D-20 LOCATIE D5 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D5-B-4, OPGENOMEN BIJ STROOMSTILSTAND NA EB.	140
FIGUUR D-21 LOCATIE D5 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D5-B-5, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	141
FIGUUR D-22 LOCATIE D5 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D5-B-6, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	142
FIGUUR D-23 LOCATIE D5 – DICHTHEIDSPROFIEL (LINKER BOVENHOEK), RADIOGRAFIE (RECHTER BOVENHOEK), IN SITU FOTO VAN HET STAAL (LINKER BENEDENHOEK) EN ECHOGRAM (RECHTER BENEDENHOEK) VOOR KERN D5-B-R3, OPGENOMEN BIJ VOLLE VLOEDSTROOM.	143
FIGUUR E-1 VALIDATIESTALEN OP KAART 33x33_7 KLASSEN (LINKS) EN KAART 33x33_15 KLASSEN (RECHTS). TER HOOGTE VAN KRUIBEKE-HOBOKEN.	150
FIGUUR E-2 VALIDATIESTALEN OP KAART 33x33_7 KLASSEN (LINKS) EN KAART 33x33_15 KLASSEN (RECHTS). TER HOOGTE VAN OOSTERWEEL.	150
FIGUUR E-3 VALIDATIESTALEN OP KAART 33x33_7 KLASSEN (LINKS) EN KAART 33x33_15 KLASSEN (RECHTS). TEN NOORDEN VAN KALLO.	151
FIGUUR E-4 VALIDATIESTALEN OP KAART 33x33_7 KLASSEN (LINKS) EN KAART 33x33_15 KLASSEN (RECHTS). TEN NOORDEN VAN DOEL.	151
FIGUUR F-1 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 65x65_6 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN:	

REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	155
FIGUUR F-2 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 65x65_7 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN: REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	156
FIGUUR F-3 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 65x65_9 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN: REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	157
FIGUUR F-4 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 33x33_6 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN: REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	158
FIGUUR F-5 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 33x33_7 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN: REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	159
FIGUUR F-6 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 33x33_9 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN: REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	160
FIGUUR F-7 VERGELIJKING CALIBRATIEKAART 33x33_15 KLASSEN EN CALIBRATIESTALEN. LINKSBOVEN: REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND), RECHTSBOVEN: REFERENTIEZONE D1 (SLIB), LINKSONDER: REFERENTIEZONE D5 (ZAND), RECHTSONDER REFERENTIEZONE D2 (HARDE BODEM).	161
FIGUUR G-1 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN REFERENTIEZONES D3 (ZANDHOUDEND SLIB) EN D4 (SLIBHOUDEND ZAND). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN.....	165
FIGUUR G-2 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN REFERENTIEZONES D1 (SLIB). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN.....	166
FIGUUR G-3 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN REFERENTIEZONES D5 (ZAND). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	167
FIGUUR G-4 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN REFERENTIEZONES D2 (HARDE BODEM). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	168
FIGUUR G-5 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN SECTIEKAART 1(SAEFTINGHE-DOEL). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	169
FIGUUR G-6 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN SECTIEKAART 2 (DOEL-KRUISSCHANS-FILIP). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	170

FIGUUR G-7 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN SECTIEKAART 3 (FILIP-OOSTERWEEL). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	171
FIGUUR G-8 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN SECTIEKAART 4 (REDE VAN ANTWERPEN). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	172
FIGUUR G-9 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN SECTIEKAART 5 (BURCHT-HEMIKSEM). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	173
FIGUUR G-10 VERGELIJKING GECALIBREERDE BENEDEN-ZEESCHELDEKAARTEN MET CALIBRATIE- EN CONTROLESTALEN TER HOOGTE VAN SECTIEKAART 5 (HEMIKSEM-RUPEL). LINKSBOVEN: KAART 65x65_9 KLASSEN, RECHTSBOVEN: 33x33_7 KLASSEN, LINKSONDER: 33x33_9 KLASSEN, RECHTSONDER: 33x33_15 KLASSEN	174

1. INLEIDING

1.1. Opdracht

In januari 2009 werd aan IMDC in samenwerking met de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de Vrije Universiteit Brussel de opdracht 'Opmaken lithologische en geomorfologische kaart van de Beneden-Zeeschelde' gegund. Deze opdracht werd uitgeschreven door de Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Maritieme Toegang in het bestek 16EF/2008/20. De opdracht bestaat uit een aantal voorbereidende testen en het opmaken van de lithologische en geomorfologische kaart zelf.

1.2. Doelstelling

1.2.1. Algemene doelstelling

De afdeling Maritieme Toegang beschikt over een VLAREM-milieuvergunning voor het terugstorten van baggerspecie op enkele locaties in de Beneden-Zeeschelde. Deze milieuvergunning wordt verleend op voorwaarde van het uitvoeren van een uitgebreid monitoringsprogramma dat gericht is op het detecteren van eventuele negatieve effecten op het milieu.

In toepassing van het Nederlands-Vlaams Verdrag Gezamenlijk Beleid en Beheer werd in 2008 een geïntegreerd monitoringsprogramma opgesteld voor het Schelde-estuarium. Het opstellen van een lithologische en een geomorfologische kaart maakt onderdeel uit van het geïntegreerde monitoringsprogramma. De bevindingen van deze studie zullen gebruikt worden om de praktische haalbaarheid van het opstellen van een lithologische kaart van het gehele Schelde-estuarium te evalueren. Deze studie beperkt zich tot de Beneden-Zeeschelde. Het is het gebied dat zich uitstrekt van de Rupelmonding tot aan de Belgisch-Nederlandse grens.

1.2.2. Specifieke doelstelling

In het verleden werd al enkele malen een lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde opgesteld (Bastin, 1974, 1987, Wartel et al., 2000). Wartel et al. (2000) gebruikten een classificatie van teruggekaatste akoestische singlebeam signalen die gecalibreerd werden aan de hand van sedimentmonsters. Wartel et al. (2000) maakten ook een geomorfologische kaart op, gebaseerd op side-scan sonar opnames. Tegenwoordig worden echter regelmatig sectiekaarten gevaren door de Vlaamse Hydrografie met een multibeam sonar waarvan de peildata en backscatter data kunnen gebruikt worden voor het opmaken van zowel de lithologische als de geomorfologische kaart. Het is de doelstelling van deze studie om deze nieuwe techniek te beoordelen en toe te passen.

De voorbereidende testen hebben een drievoudig doel :

1. installeren en afstemmen van de bijkomende software voor de verdere verwerking van multibeam backscatter gegevens, gekoppeld aan de opleiding van een surveyor van de Vlaamse Hydrografie.
2. het onderzoeken van de onzekerheden en de gevoeligheden in verband met de registratie van de multibeam backscatter gegevens en in verband met de wijze waarop de sedimentmonsters genomen dienen te worden (o.a. de invloed eb-vloedcyclus op backscatter registratie en sedimentstaalnames, gericht dus op de lithologische kaart).
3. het opmeten van enkele geomorfologisch uiteenlopende gebieden met een side-scan sonar, ter validatie van de bodemvormen die afgeleid worden uit de multibeam gegevens

De opmaak van een lithologische kaart en een geomorfologische kaart omvat:

- Lithologische kaart: de verwerking en classificatie van de multibeam backscatter gegevens, het koppelen van de backscatter klassen aan de analysesresultaten van de sedimentmonsters en het valideren van de opgestelde classificatie. De kaart zal in volgende klassen ingedeeld worden: zand, slibhoudend zand, zandhoudend slib, slib, harde bodem door klei en harde bodem door grind. De lithologische kaart zal de omhullende polygonen bevatten van plaatsen met gelijkaardige sedimentsamenstelling.

- Geomorfologische kaart: de analyse van multibeam bathymetrische gegevens op bodemstructuren en de classificatie ervan op lengte en hoogte van de bodemvormen. De kaart zal in volgend klassen ingedeeld worden: afglijdingen, klifjes, grote duinen, kleine tot middelgrote duinen, onregelmatige bodemstructuur (baggerspecie, uitschuringen), baggersporen en structuurloos bodemoppervlak. De geomorfologische kaart zal de omhullende polygonen van plaatsen met gelijkaardige bodemvormen bevatten.

1.3. Overzicht en aanpak van de studie

De studie wordt in volgende stappen aangepakt:

1. Er worden zes sectiekaarten opgemeten met een multibeam door de Vlaamse Hydrografie:
 - Bath-Saeftinghe
 - Saeftinghe-Doel
 - Doel-Filip
 - Filip-Oosterweel
 - Rede van Antwerpen
 - Burcht-Rupelmonding

Deze sectiekaarten leveren backscatter data waaruit de lithologie kan afgeleid worden en bathymetrische data, op basis waarvan de geomorfologische kaart kan opgesteld worden. Het Nederlandse gedeelte, nl. de sectiekaart Bath-Saeftinghe, wordt echter niet in rekening gebracht voor het opmaken van de lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde.

2. Voor het opmaken van de lithologische kaart worden tijdens of kort na de multibeam opnames per sectiekaart een vijftigtal controlestalen genomen met een Shipek bodemgrijper. De staalnamelocaties zijn gebaseerd op vroegere opnames van de lithologische kaart (Wartel et al. 2000) en liggen representatief verdeeld per sectiekaart.
3. De onderzoeken naar de onzekerheden en de gevoeligheden in verband met de registratie, verwerking en visualisatie van de multibeam backscatter data gebeurt op de eerste sectiekaart, nl. Saeftinghe-Doel. De bekomen optimale parameterinstellingen zullen toegepast worden op de gehele Beneden-Zeeschelde kaart. Een eerste akoestische classificatiekaart van de Beneden-Zeeschelde wordt opgesteld.
4. Om een lithologische kaart te bekomen, dienen de verschillende akoestische klassen gecorreleerd te worden met het overeenstemmend bodemtype. Daarvoor wordt een calibratiemeetcampagne georganiseerd op 6 referentieplaatsen in de Beneden-Zeeschelde. De 6 representatieve referentiegebieden worden gekozen op basis van de controlestalen en de akoestische classificatiekaart. Het gaat om deze 6 lithologische zones:
 - Zand
 - Zandhoudend slib
 - Slibhoudend zand
 - Slib
 - Harde bodem door klei
 - Harde bodem door grind

In elk van de 6 referentiezones worden telkens stalen genomen en multibeam backscatter data opgenomen. Per referentiezone gaat het om:

- Bij volle vloed: 2 Van Veen stalen, 3 Shipek stalen, 3 box corers
- Bij kentering: 1 Van Veen staal, 3 Shipek stalen, 3 box corers
- Bij volle eb: 2 Van Veen stalen, 3 Shipek stalen, 3 box corers

Enkel bij 'harde bodem door klei' en 'harde bodem door grind' worden geen 'box corers' genomen bij volle vloed en volle eb, slechts 1 box corer bij kentering.

Op de 'Shipek' stalen zullen korrelgrootte analyses uitgevoerd worden en de 'Van Veen' stalen zullen per zone gehomogeniseerd worden voor één korrelgrootteanalyse. Van de 'box corers' worden radiografieën en densiteitsprofielen (gammadensitometrie) gemaakt, die de verticale sedimentsamenstelling en structuur zullen weergeven. De analyses van de staalnames gebeurt door de VUB.

5. De backscatter data van de zes referentiezones worden samen verwerkt tot één catalogusbestand met een optimaal aantal akoestische klassen. Dit catalogusbestand wordt toegepast op de volledige Beneden-Zeeschelde dataset, en wordt er een lithologische kaart bekomen.
6. In gebieden waar geen controlestalen genomen zijn, zullen extra stalen genomen worden om de bekomen lithologische kaart te valideren, en na te gaan of de voorspelde lithologieën ook effectief voorkomen.
7. Voor het opmaken van de geomorfologische kaart zullen als voorbereidende test een aantal morfologisch interessante gebieden gepeild worden met zowel side-scan sonar als multibeam apparatuur en worden de resultaten vergeleken.
8. Indien de multibeam opnames volstaan voor het opstellen van een geomorfologische kaart zullen de vijf bathymetrische sectiekaarten geïnterpreteerd worden in termen van onderstaande structurele eenheden:
 - Grote duinen
 - Kleine tot middelgrote duinen
 - Afglijdingen
 - Klifjes
 - Structuurloos bodemoppervlak
 - Baggersporen
 - Onregelmatige bodemstructuren – uitschuringen

Een geomorfologische kaart van de gehele Beneden-Zeeschelde wordt opgemaakt.

9. Na opmaak van de lithologische en geomorfologische kaart wordt een beschrijving gegeven van de betreffende kaarten. Hierbij zal aandacht worden geschonken aan:
 - de relatie tussen het akoestische signaal en de fysische eigenschappen van het bodemsediment.
 - de ruimtelijke verbreiding van de verschillende sedimenten en morfologische structuren.

Vervolgens zal een vergelijking worden gemaakt tussen de nieuwe versie van de respectievelijke kaarten en de vorige editie(s) van deze kaarten, zodat de evoluties van de bedvormen en de bodemsedimenten kunnen worden beschreven.

De resultaten van deze studie zullen in twee deelrapporten voorgesteld worden: een technisch rapport en een analyserapport.

- Het technisch rapport (I/RA/11341/10.011/MIM) bevat de voorbereidende testen en een beschrijving van de verwerking van de data, i.e. stappen 1, 3 en 7.
- Het analyserapport (I/RA/11341/10.064/MIM) bevat een beschrijving van de staalnamecampagnes, de calibratie van de akoestische classificatiekaart en de interpretatie van de lithologische en geomorfologische kaart, i.e. stappen 2, 4, 5, 6, 8 en 9.

1.4. Opbouw van het analyserapport (Deelrapport 2)

Het voorliggend analyserapport beschrijft het gevolgde proces voor de opmaak en de interpretatie van de kaarten voor het project 'Opmaken lithologische en geomorfologische kaart van de Beneden-Zeeschelde' in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Maritieme Toegang.

Het eerste deel van het analyserapport handelt over het opstellen en de interpretatie van de *lithologische kaart* van de Beneden-Zeeschelde. Er wordt beschreven hoe de sedimentstalen werden genomen en verwerkt. En hoe de resultaten gebruikt worden voor het opstellen van een aantal mogelijke calibratie catalogusbestanden. Na vergelijking met de calibratiestalen worden de beste catalogi (met optimaal aantal klassen) toegepast op de volledige Beneden-Zeeschelde dataset (bij rectangle sizes 65x65 en 33x33) (gesuperviseerde methode). Nadien wordt ook de ongesuperviseerde methode toegepast, i.e. een statistische iteratie bepaalt het optimale aantal klassen van de volledige Beneden-Zeeschelde dataset. Na vergelijking met de controlestalen wordt de finale lithologische kaart gekozen. Een extra staalnamecampagne wordt georganiseerd voor het valideren van de finale lithologische kaart. Nadien wordt de nieuwe lithologische kaart vergeleken met deze van 1999 (Wartel et al., 2000) en wordt de lithologische evolutie van de Beneden-Zeeschelde besproken.

In het tweede deel van het analyserapport wordt de *geomorfologische kaart* van de Beneden-Zeeschelde - op basis van multibeam bathymetrische data- voorgesteld en geïnterpreteerd. De nieuwe geomorfologische kaart wordt vergeleken met deze van 1999 (Wartel et al., 2000) en de morfologische evolutie van de Beneden-Zeeschelde wordt besproken. Tevens worden de nieuwe lithologische en geomorfologische kaarten naast elkaar gelegd om de verbanden tussen lithologie en morfologie te bespreken.

2. LITHOLOGISCHE KAART

2.1. Algemeen

De lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde zal eerst volgens de methode van 'supervised classification' opgesteld worden. Een bepaald catalogusbestand, met een aantal klassen met gekende lithologie, i.e. het calibratie catalogusbestand, zal toegepast worden op de volledige Beneden-Zeeschelde dataset. Daarna wordt ook de methode van 'unsupervised classification' toegepast, i.e. een statistische iteratie bepaalt het optimaal aantal klassen van de volledige Beneden-Zeeschelde dataset. Nadien worden beide bekomen kaarten vergeleken.

Het onderzoek naar de onzekerheden en de gevoeligheden in verband met de registratie, verwerking en visualisatie van de multibeam backscatter data, beschreven in het technisch rapport, heeft uitgewezen dat dit de optimale parameterinstellingen zijn voor het opstellen van een catalogusbestand (voor de supervised classificatiemethode):

- Voor een kaart met rectangle size 65x65: gebruik van minstens 50% van de records en 5 iteraties. Wanneer de catalogus wordt toegepast op een 65x65 kaart neemt men voor visualisatie een 5x5 m gridcel grootte, 100 m interpolatieafstand waarbinnen 20 records in rekening gebracht worden.
- Voor een kaart met rectangle size 33x33: gebruik van minstens 50% van de records en 5 iteraties. Wanneer de catalogus wordt toegepast op een 33x33 kaart neemt men voor visualisatie een 5x5 m gridcel grootte, 100 m interpolatieafstand waarbinnen 50 records in rekening gebracht worden.

Het optimale aantal klassen voor het finale calibratie catalogusbestand zal bepaald worden door verschillende opties toe te passen op de Beneden-Zeeschelde dataset (voor twee rectangle sizes 65x65 of 33x33), en de bekomen kaarten te vergelijken met sedimentstalen.

Voor de unsupervised classificatiemethode zal het optimaal aantal klassen van de Beneden-Zeeschelde dataset bepaald worden zoals beschreven in het technisch rapport (§ 3.1). Er wordt eveneens gebruik gemaakt van minstens 50% van de records en 5 iteraties. Voor visualisatie van de uiteindelijke kaart wordt een 5x5 m gridcel grootte gebruikt, een interpolatieafstand van 100 m waarbinnen 50 records in rekening gebracht worden (bij een 33x33 kaart).

De volledige Beneden-Zeeschelde dataset bestaat uit de backscatter data van vijf sectiekaarten. Hierbij werden de Parel2 en Veremans data samen verwerkt.

Voor het project werden op drie momenten in het verwerkingsproces sedimentstalen genomen:

- Controlestalen: kort na het peilen van de sectiekaarten
- Calibratiestalen: tijdens het peilen van zes referentie calibratiezones
- Validatiestalen: na het opstellen van de finale lithologische kaart

Hieronder wordt eerst de methodologie van alle staalnames en analyses besproken, gevolgd door de resultaten. Daarna volgt het opstellen van het calibratie catalogusbestand, het bepalen van de meest geschikte gesuperviseerde en ongesuperviseerde kaart, gevolgd door de interpretatie van de finale lithologische kaart.

2.2. Verzamelen en analyseren van sedimentstalen

2.2.1. Controlestalen

2.2.1.1. Staalnamecampagne

Kort na de multibeam opnames werden per sectiekaart een vijftigtal controlestalen genomen met een Shipek bodemgripper. Uitzonderlijk werd tijdens 1 staalnamecampagne een Van Veen gripper gebruikt. Een overzicht met de campagnes is weergegeven in Tabel 2-1. De staalnamelocaties zijn gebaseerd op vroegere opnames van de lithologische kaart (Wartel et al. 2000) en liggen representatief verdeeld per sectiekaart. Een overzichtstabel met de locaties en visuele interpretaties van de sedimentstalen is gegeven in Tabel A-1.

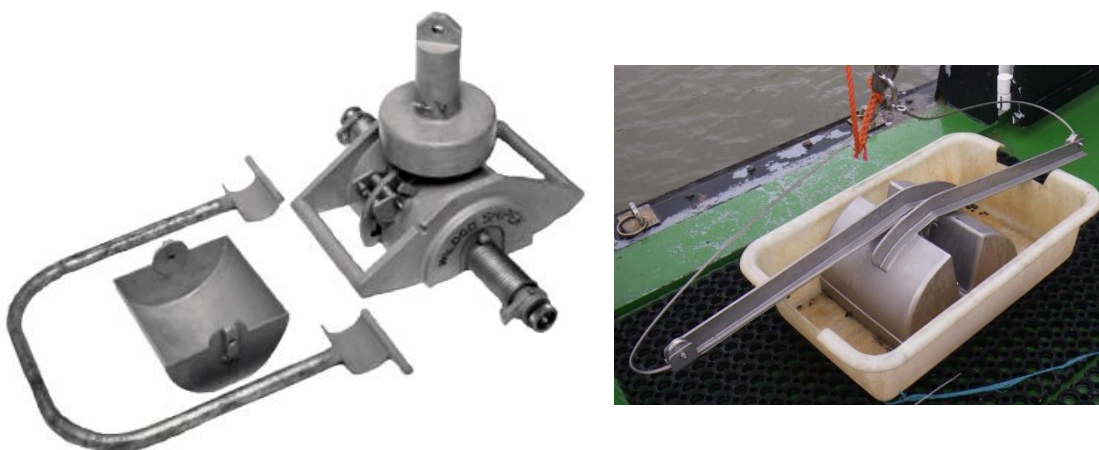
Tabel 2-1 Controle staalnamecampagnes

Sectiekaart	Periode	Aantal stalen	Toestel
Saeftinghe-Doel	24/09/2009	50	Shipek
Doel-Filip	18/11/2009	50	Shipek
Filip-Oosterweel	15+21/12/2009	60	Shipek + Van Veen
Rede van Antwerpen	21/12/2009	40	Shipek
Rupelmonde-Burcht	22/12/2009	60	Shipek

2.2.1.2. Gebruikte apparatuur

Een Shipek (Figuur 2-1) laat toe de ongeconsolideerde oppervlaktelaag tot meer dan een decimeter dik vrijwel ongestoord te bemonsteren. Wanneer de grijper de bodem raakt wordt de schep dankzij een stel veren zeer snel gesloten. Die snelheid zorgt voor een scherpe snijlijn, vooral in zacht slib, silt en zand. De horizontale ophanging van de schep na sluiting zorgt ervoor dat er geen water kan wegvloeien waardoor het monster zo goed als ongestoord bewaard blijft in zijn oorspronkelijke positie.

Ook met de Van Veen (Figuur 2-1) grijper kunnen stalen tot meer dan een decimeter dik genomen worden, maar deze zijn meer verstoord. Na het sluiten van de twee grijphelften loopt het water weg via het verticaal georiënteerde contact. Bij het openen van de grijper valt het sediment uit de grijphelften en is de oorspronkelijke positie verstoord. Met de Van Veen grijper kan echter veel sneller gewerkt worden dan met een Shipek die telkens opgespannen moet worden. Als de interesse uitgaat naar de korrelgrootteverdeling en niet de inwendige structuur van de bovenste laag van de waterbodem, dan is de verstoring niet hinderlijk.



Figuur 2-1 Links: Shipek bodemgrijper; rechts: Van Veen grijper

2.2.1.3. Uitgevoerde analyses

De controle sedimentstalen werden aan boord beschreven (korrelgrootte, aanwezigheid van organisch materiaal, sliblaagje, enz.), gefotografeerd en bemonsterd. De monsters werden nadien geanalyseerd met een Malvern Mastersizer door het Waterbouwkundig Laboratorium. In eerste instantie werden deeltjes groter dan 2 mm verwijderd door zeven. In een volgende stap werd het organisch materiaal verwijderd. Er werd eerst getracht het organisch materiaal te verwijderen door oplossing met H_2O_2 (waterstofperoxide). Dit lukte echter alleen bij stalen met een laag organisch gehalte (Rupel-Burcht: stalen 8, 22, 23, 29, 34, 38, 42, 49; Rede Van Antwerpen: 8, 9). Bij de meeste stalen werd het resterend organisch materiaal verwijderd door

verbranding in een moffeloven. De stalen uit sectiegebieden Saeftinghe-Doel, Doel-Filip en Filip-Oosterweel werden meteen in de moffeloven verwerkt. Na verwijdering van het organisch materiaal kon door laser diffractie de korrelgrootteverdeling bepaald worden.

Figuur 2-2 toont voor elke lithologische klasse een typevoorbeeld.

Slib



Zandhoudend slib



Slibhoudend zand



Zand



Harde bodem klei



Harde bodem grind



Figuur 2-2 Typevoorbeelden voor elke lithologische klasse herkend tijdens de controle staalnamecampagnes (Shipek)

2.2.1.4. *Analyseresultaten*

Volgende korrelgrootte-indeling werd aangehouden:

- $> 2 \text{ mm}$ = grind
- $63 \text{ } \mu\text{m} - 2 \text{ mm}$ = zand
- $2 \text{ } \mu\text{m} - 63 \text{ } \mu\text{m}$ = silt
- $< 2 \text{ } \mu\text{m}$ = klei

De procentuele korrelgroottesamenstelling (in gewichtsprocenten) van de stalen bepaalt dan de uiteindelijke interpretatie. De indeling is voornamelijk gebaseerd op de hoeveelheid zand in het staal, daar de Malvern Mastersizer soms slecht onderscheid maakt tussen silt en klei (zie § 2.2.2.3.1.2).

- Slib = $\leq 26\%$ zand
- Zandhoudend slib = $27\text{-}49\%$ zand én $\% \text{ slib} > \% \text{ zand}$
- Slibhoudend zand = $50\text{-}79\%$ zand én $\% \text{ zand} > \% \text{ slib}$
- Zand = $> 79\%$ zand

Opgelet, voor de Mastersizer analyse werd eerst het grof materiaal verwijderd (zonder te wegen). De analyse geeft dus enkel de korrelgroottesamenstelling van de matrix van het staal. Daarom werd elke analyse vergeleken met de foto's en oorspronkelijke visuele interpretatie. Bij stalen gekenmerkt door de aanwezigheid van aanzienlijke hoeveelheden grind, schelpen en organisch materiaal groter dan 2 mm kreeg de visuele interpretatie voorrang. De analyseresultaten, de visuele interpretatie en de finale interpretatie zijn weergegeven in Tabel A-2. Het is deze finale interpretatie die gebruikt is voor het controleren en calibreren van de sectiekaarten, en die weergegeven is met een kleurencode op de kaarten (§ 2.3.1.2 en 2.3.2.2).

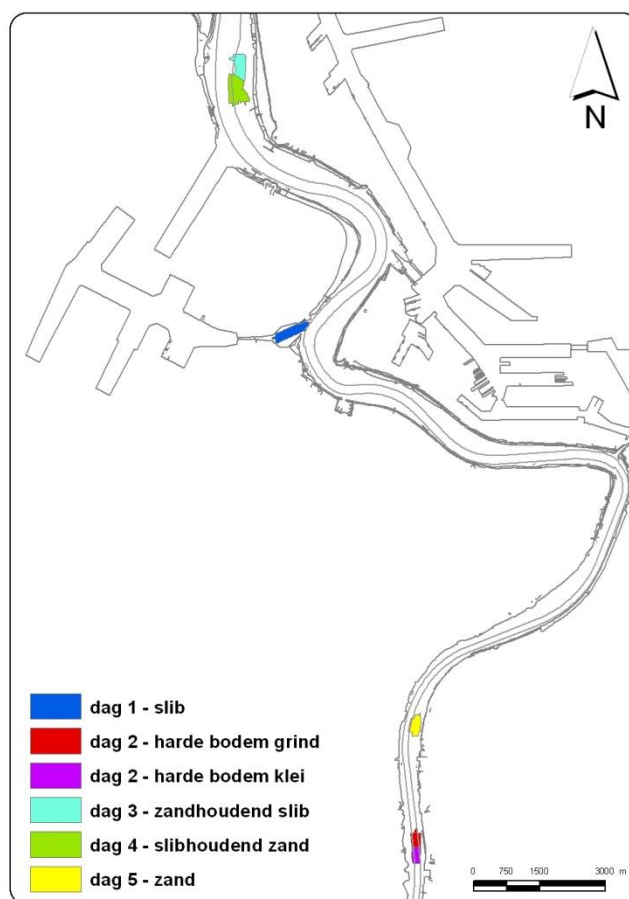
2.2.2. *Calibratiestalen*

2.2.2.1. *Staalnamecampagne*

Tussen 27/01 en 2/02/2010 werd de calibratie meetcampagne uitgevoerd. Voor het opstellen van de calibratie catalogus werden zes referentiezones gepeild met multibeam (Veremans) en werden er tegelijk sedimentstalen genomen (Figuur 2-3, Tabel 2-2). De keuze van de zes representatieve gebieden werd bepaald op basis van de controlestalen en de ligging van akoestisch homogene gebieden op de classificatiekaart. Ter plaatse werden eerst teststalen genomen om na te gaan of de beoogde lithologie wel degelijk aanwezig was, zodat de staalnamelocatie eventueel aangepast kon worden. Het gaat om 6 zones met deze lithologie:

- Zand
- Zandhoudend slib
- Slibhoudend zand
- Slib
- Harde bodem door klei
- Harde bodem door grind

Een overzichtstabel met de locaties en visuele interpretaties van de sedimentstalen is gegeven in Tabel B-1.



Figuur 2-3 Overzichtskaartje met de ligging van de zes referentiezones

Tabel 2-2 Calibratie staalnamecampagne

	Locatie	Periode	Gebruikte afkorting	Referentiezone
Dag 1	Kallosluis	27/01/2010	D1	slib
Dag 2	Hemiksem	28/01/2010	D2.1	harde bodem grind
Dag 2	Hemiksem	28/01/2010	D2.2	harde bodem klei
Dag 3	Doel	29/01/2010	D3	zandhoudend slib
Dag 4	Doel	1/02/2010	D4	slibhoudend zand
Dag 5	Hoboken-Kruike	2/02/2010	D5	zand

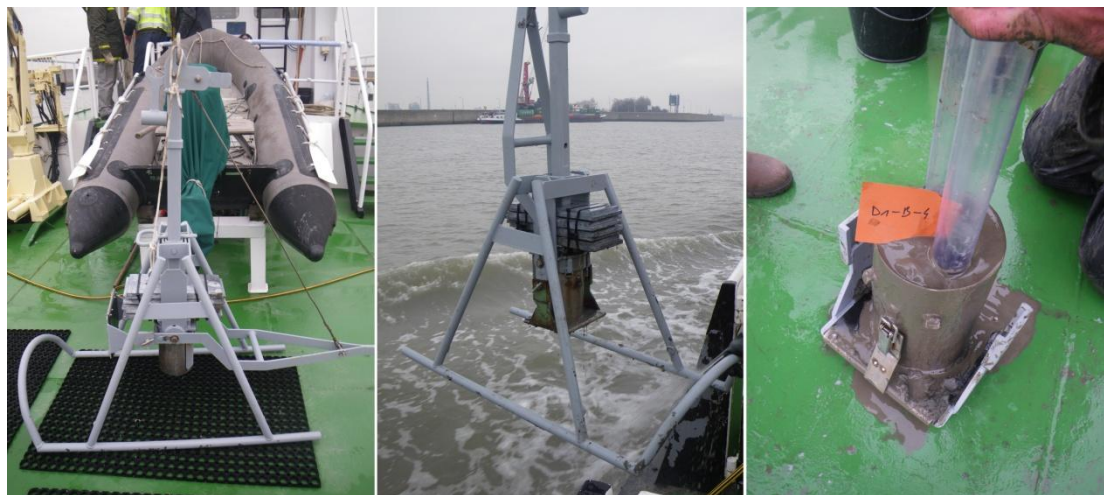
2.2.2.2. Gebruikte apparatuur

Per referentiezone werden volgende stalen genomen:

- Bij volle vloed: 2 Van Veen stalen, 3 Shipek stalen, 2 Reineck box cores
- Bij kentering: 1 Van Veen staal, 3 Shipek stalen, 2 Reineck box cores
- Bij volle eb: 2 Van Veen stalen, 3 Shipek stalen, 2 Reineck box cores

Enkel bij harde bodems (door klei en grind) werden geen box cores genomen bij volle vloed en volle eb, slechts 1 box core bij kentering.

Een Reineck box corer (Figuur 2-4) laat toe om relatief ongestoorde stalen te nemen van de bovenste 30 cm van de (ongeconsolideerde) waterbodem. Wanneer het toestel de bodem raakt wordt de staalnamecilinder in de bodem gedrongen onder het gewicht van meer dan 100 kg lood. Bij het ophalen van het toestel sluit een schop de onderkant van de staalnamecilinder af. De oriëntatie en de waterinhoud van het staal blijft behouden. Het sediment in de cilinder (ca. 30 cm hoog, 15 cm diameter) kan dan gesubsampled worden. De verticale subsample PVC buizen (met binnendiameter van 8 cm) werden steeds verticaal rechtop gehouden bij het transport om de interne structuur en gelaagdheid van het staal niet te verstoren.



Figuur 2-4 Links: Reineck box corer vóór te water laten, midden: gesloten box corer na staalname, rechts: subsampling van box corer staal (slib)

2.2.2.3. Uitgevoerde analyses

Bij iedere staalname werden macroscopische waarnemingen gedaan en werden foto's gemaakt van de stalen. Aan boord van het meetschip werden ook de waterdiepte en de bodemmorfolgie geregistreerd met behulp van een singlebeam echosounder. De teststalen werden enkel beschreven, niet geanalyseerd in het labo.

De Shipek stalen werden elk afzonderlijk geanalyseerd op korrelgrootteverdeling, kalkgehalte, hoeveelheid organisch materiaal en het soortelijk oppervlak van het sediment. De recente sedimentlaag op de bodem van de rivier is onderhevig aan getijstrooming (en turbulentie) en kan dus veranderen tijdens het peilen van de sectiekaarten (Chen et al., 2007). Om deze mogelijke veranderingen in te schatten werden op iedere referentieplaats bij volle stroomsnelheid, evenals bij eb- en/of vloedkentering, drie bodemstalen genomen met de Shipek bodemgrijper. De vijf Van Veen stalen, genomen over de getijcyclus, werden samengevoegd tot één gemengd staal, dat vervolgens grondig gehomogeniseerd werd alvorens geanalyseerd te worden. In totaal werden 55 calibratiestalen (Van Veen en Shipek) afkomstig van zes referentiezones in dubbel geanalyseerd met het oog op de bepaling van de korrelgrootteverdeling, het gehalte aan calciumcarbonaat en aan organisch materiaal, en van het soortelijk sedimentoppervlak (SSA). De teststalen werden niet geanalyseerd.

Een belangrijk probleem dat zich bij het akoestisch onderzoek stelt, is de penetratie van het akoestisch signaal in de bodem en reflectie aan het bodemoppervlak. De penetratie hangt af van de attenuatiecoëfficiënt en de reflectie van de reflectiecoëfficiënt, die functie zijn van de samenstelling van het sediment (zand, slib, organisch materiaal, kalk) maar ook van de bulk dichtheitsverdeling in de bovenste sedimentlaag. Om dit op ieder referentiepunt te onderzoeken werden met behulp van een Reineck box corer korte sedimentkernen bemonsterd (8 cm doormeter en maximum 30 cm lang). In iedere referentiezone (met uitzondering van de harde bodems) werden drie sedimentkernen genomen. Deze kernen werden zowel radiografisch als gammadensitometrisch onderzocht om zodoende een zo volledig mogelijk beeld te verkrijgen van de sedimentstructuur en dichtheid in de bovenste sedimentlaag. Met behulp van het

radiografische beeld, het densiteitsprofiel en korrelgroottegegevens kan de ruimtelijke verdeling van het slib in de bodem bepaald worden. De analyses van de calibratie staalnames gebeurde door het hydraulisch onderzoekslaboratorium van de VUB.

2.2.2.3.1 Bepaling van de korrelgrootteverdeling

2.2.2.3.1.1 Sedigraaf methode voor de bepaling van het korrelgroottespectrum

In een eerste fase wordt de grindfractie ($> 2000 \mu\text{m}$) afgescheiden, wordt de procentuele hoeveelheid grind bepaald en daarna droog gezeefd op respectievelijk 4, 8 en 16 mm. De rest van het sedimentstaal wordt zeer goed gemengd, gelyofiliseerd en vervolgens behandeld met verdund waterstofperoxide en chloorwaterstof om zouten, organische stof en carbonaten te verwijderen. Het voorbehandelde staal wordt gespoeld, gedroogd en gewogen en is dan klaar voor de korrelgrootteanalyse. Voor de verdere analyse wordt het staal eerst in een stabiele suspensie gebracht door toevoeging van gedemineraliseerd water en een dispersiemiddel. Vervolgens wordt de zand fractie ($63 \text{ tot } 2000 \mu\text{m}$) afgescheiden door nat zeven, gedroogd bij 105°C en tenslotte droog gezeefd met gebruikmaking van een ASTM zeefserie met $\frac{1}{4}$ phi interval (phi eenheid = $-\log d_{\text{mm}}$, waarin d_{mm} de verstrooide deeltjes doormeter is uitgedrukt in millimeter). De fijne fractie ($< 63 \mu\text{m}$) wordt geanalyseerd volgens de Sedigraaf methode.

2.2.2.3.1.2 Vergelijking korrelgrootteanalyse methodes: Sedigraaf vs. Malvern Mastersizer

Een kwantitatieve analyse van de korrelgrootteverdeling van een sediment kan volgens verschillende methodes gebeuren. Eén daarvan is de Sedigraaf methode toegepast in dit onderzoek, een andere methode is de Malvern Mastersizer Particle Size Analyse zoals toegepast op de controlestalen door het WL. Er werd een vergelijkend onderzoek verricht op een aantal sedimentstalen. Tien stalen werden, na voorbehandeling met verwijdering van zouten, organisch materiaal en carbonaten, gesplitst in drie gelijke porties voor verdere analyse met de Sedigraaf, met de Mastersizer en een reserve staal. De vergelijkende resultaten zijn weergegeven in Tabel 2-3.

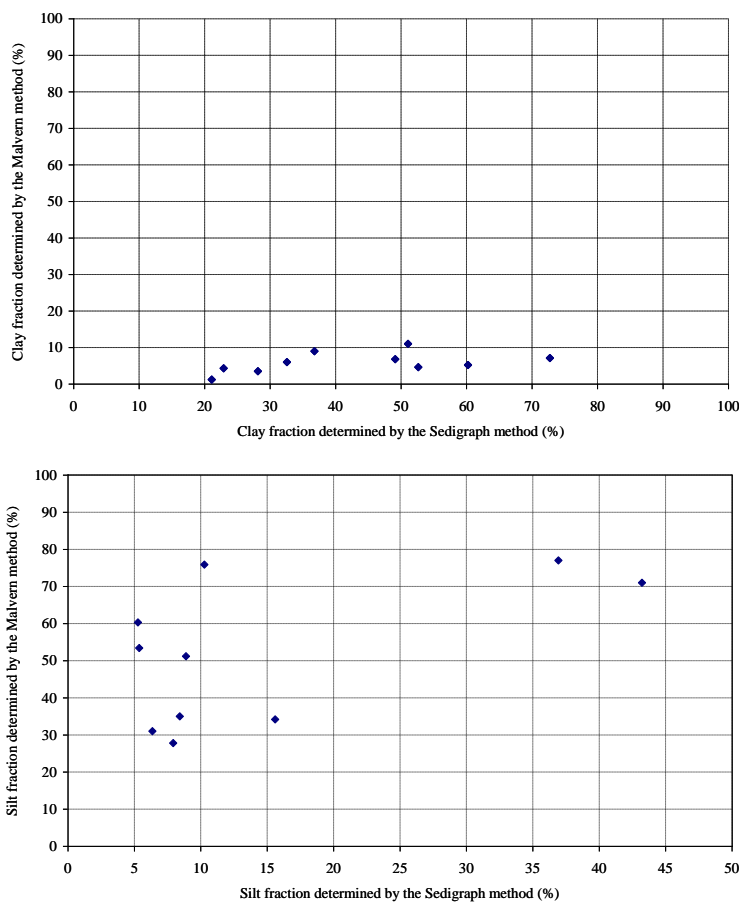
De Mastersizer methode, gebaseerd op laser diffractie techniek, alhoewel snel, laag geprijsd en zeer gemakkelijk toepasbaar is ongeschikt gebleken voor estuariene sedimenten. De theorie die de laser diffractie analyse ondersteunt is problematisch omdat zij het kleigehalte op significante wijze onderschat en het siltgehalte overwaardeert voor tenminste 50%.

De Sedigraph is het meest geschikt om het lithologische karakter (lees korrelgrootteverdeling) van 'cohesive sediment' bodemmonsters te bepalen. Echter, MULTIVIEW onderzoekt niet de directe relatie tussen het akoestisch multibeam signaal en de bodem in heel zijn voorkomen (microrelief, textuur, densiteit,...). Gezien zowel Sedigraph als de Malvern resultaten maar een deelbeschrijving van de bodem geven kan geconcludeerd worden dat voor het onderzoeken van de interactie van het akoestisch MBES signaal met de bodem de Malvern even goed geschikt is als de Sedigraph methode, voor zoverre het enkel om 'non-cohesive' sedimenten gaat.

Tabel 2-3 Sedimentsamenstelling bekomen volgens twee verschillende methodes: Sedigraaf en Mastersizer.

Sample ID	clay %		silt %		sand %	
	Sedigraaf	Malvern	Sedigraaf	Malvern	Sedigraaf	Malvern
D1-S-8	37	9	43	71	20	20
D1-S-9	51	11	37	77	12	12
D3-S-1	53	5	5	53	42	42
D3-S-2	60	5	5	60	35	35
D3-S-3	73	7	10	76	17	17
D4-S-5	33	6	8	35	59	59
D4-S-6	28	4	6	31	66	66
D4-S-7	23	4	16	34	62	62
D4-S-8	49	7	9	51	42	42
D4-S-9	21	1	8	28	71	71

Bovendien is gebleken dat er geen correlatie tussen beide technieken bestaat zoals aangetoond wordt in Figuur 2-5.



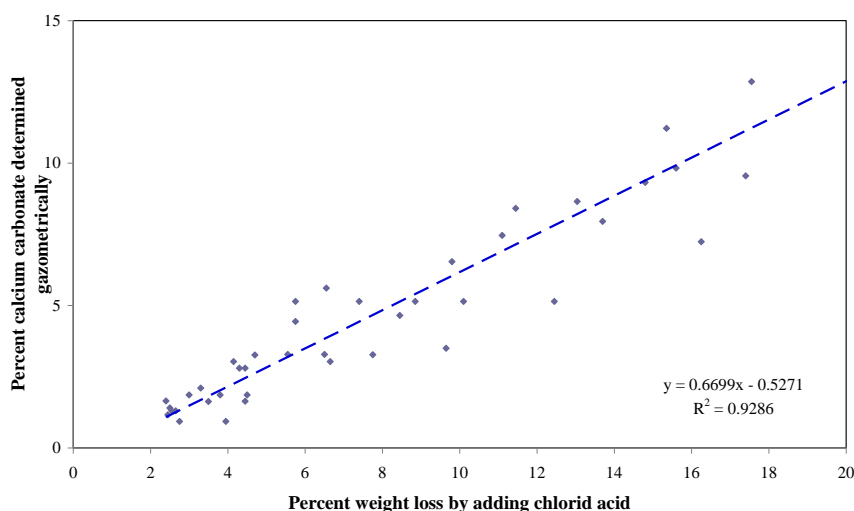
Figuur 2-5 Samenstelling van het fijne sediment (silt en klei) bekomen uit twee verschillende methodes: Sedigraaf vs Malvern Mastersizer. Er werd geen correlatie gevonden tussen de Sedigraaf en de Mastersizer methode.

2.2.2.3.2 Bepaling van het calciumcarbonaatgehalte of kalkgehalte

Calciumcarbonaat in estuariene sedimenten kan bestaan uit aragoniet, calciëet of magnesiumhoudend calciëet. Het is voornamelijk afkomstig van skeletten van mollusken en

micro-organismen (o.a. foraminiferen). In het estuarium van de Schelde is het merendeel van het calciumcarbonaat afkomstig van de erosie van het dagzomende Tertiair (Pliocene, Mioceen en Oligoceen) sediment dat zeer rijk is aan calciumcarbonaat. Veel calciumcarbonaat heeft dus een lokale oorsprong waarin het verschilt van het silicaatsediment (kwarts, veldspaten, kleimineralen) dat in hoofdzaak door de rivier aangevoerd werd. Een van de eigenschappen van het calciumcarbonaat is zijn brosheid waardoor het onstabiel is tijdens het zeefproces en dus ongelijkmatig verspreid wordt over de verschillende korrelgroottefracties. Het is daarom essentieel om het calciumcarbonaat te verwijderen vóór het zeefproces en de concentratie ervan afzonderlijk te bepalen.

De hoeveelheid calciumcarbonaat in het sedimentstaal wordt ofwel gazometrisch (Scheibler-Dietrich methode) bepaald door het meten van de vrijgekomen hoeveelheid CO₂ bij reactie met verdund chloorwaterstof (6N) ofwel door het meten van het gewichtsverlies na de volledige afbraak ervan met verdund chloorwaterstof (6N). Beide methodes werden toegepast op sedimenten van de Schelde en er werd een zeer goede overeenkomst gevonden in de bekomen resultaten.



Figuur 2-6 Verband tussen het gazometrisch bepaalde calciumcarbonaat en dat gevonden na volledige afbraak met chloorwaterstof.

2.2.2.3.3 Bepaling van het organisch materiaal

Het organisch materiaal in het sediment draagt bij tot de coagulatie van vooral de fijnste primaire deeltjes zoals silt en klei partikels en verschilt in oorsprong van het anorganische deel van het sediment. Daarom is het noodzakelijk om de hoeveelheid ervan te bepalen en het te verwijderen vóór de korrelgrootteanalyse. Het totale organisch materiaal werd bekomen door het gewichtsverlies te meten na verbranding bij 430°C gedurende 24 uur.

2.2.2.3.4 Bepaling van het soortelijk oppervlak

Het soortelijk oppervlak van het sediment (SSA) is een fundamentele eigenschap bepalend voor de uitwisselingen tussen het sedimentoppervlak en het omringende water en die een grote invloed heeft op biologische en chemische processen en bijgevolg op het ecosysteem in water. Vooral cohesieve sedimenten hebben een zeer groot soortelijk oppervlak waardoor ze hun specificiteit bekomen.

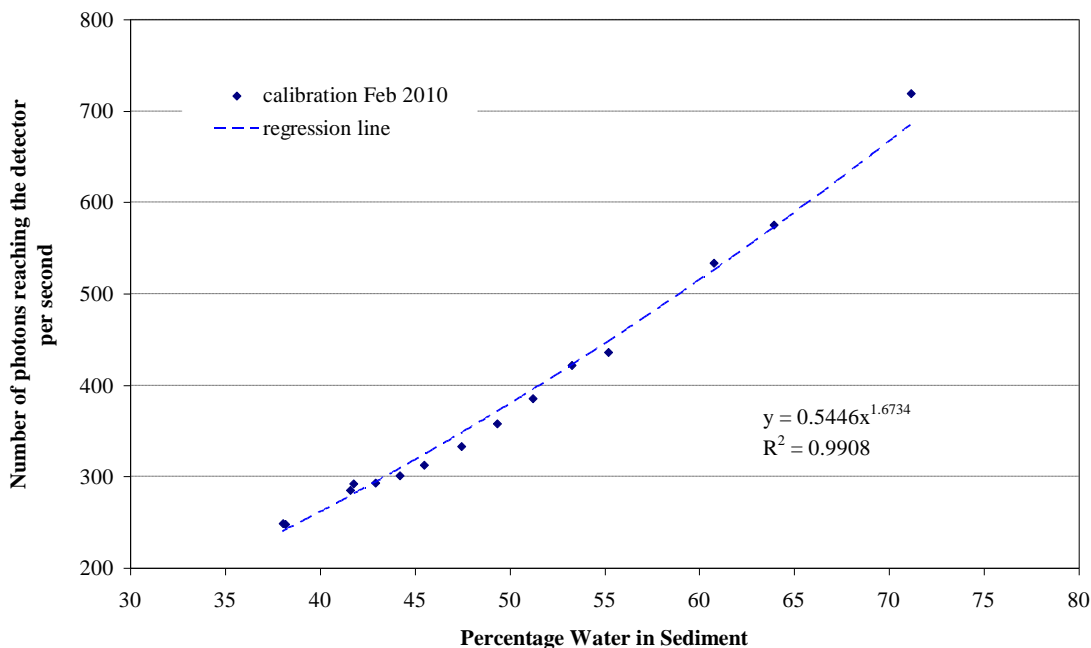
Het soortelijk oppervlak wordt gedefinieerd als het oppervlak van de deeltjes per eenheid van gewicht (bvb. m² g⁻¹) en wordt bepaald door het meten van de adsorptie van Ethyleen Glycol Mono-ethyl Ether (EGME) aan de deeltjes.

2.2.2.3.5 Bepaling van de bulk dichtheid van het bodemsediment

De bulk dichtheid geeft dikwijls een aanwijzing voor de lithologie (mineralen samenstelling, korrelgrootte of andere fysische parameters) en de porositeit van het sediment. De bulk dichtheid van de toplaag van het bodemsediment is een cruciale parameter die de weerkaatsing van een akoestisch signaal beïnvloedt. Zij is een maat voor de massa per eenheid van volume en de enige manier om de bulk dichtheid exact te bepalen is een exact gekend volume niet verstoord sediment te wegen. In de praktijk is dit niet doenbaar en daarom wordt de bulk dichtheid afgeleid van het vochtgehalte van het sediment volgens onderstaande vergelijking,

$$\rho_b = \frac{M_w + M_d}{\frac{M_d}{\rho_g} + V_w}$$

Hierin is ρ_b de bulk dichtheid, M_w en M_d zijn respectievelijk de massa aan water en de massa droge stof, V_w is het volume water, en ρ_g is de gemiddelde korreldichtheid. De hier gebruikte methode om de bulk dichtheid van het onverstoord sediment te bepalen bestaat erin om het watergehalte te meten aan de hand van de afname van de energie van gammastralen bij hun doorgang doorheen het sediment. De verstrooiing van fotonen in het sediment is evenredig met het watergehalte. Daarom wordt een ijking uitgevoerd op sedimenten van het te onderzoeken gebied bij verschillend watergehalte en met identiek dezelfde opstelling en met dezelfde materialen als deze gebruikt bij het nemen van de sediment kernen. Aan de hand van deze ijkinggegevens wordt het verband bepaald tussen het aantal fotonen dat de detector bereikt en het percentage water in het sediment. Omgekeerd wordt tijdens de meting het bekomen percentage aan water omgerekend naar de bulk dichtheid. Figuur 2-7 toont een voorbeeld van ijkinggegevens bekomen in deze studie. Het is duidelijk dat er een exponentieel verband bestaat tussen het aantal fotonen dat de detector bereikt en het watergehalte van het sediment.



Figuur 2-7 Ijking van de bulk dichtheidsbepaling op kernen.

2.2.2.3.6 Radiografische analyse van bodem sedimentstructuren

De sterkte van het weerkaatste akoestische signaal hangt af onder meer van de aard van de bodem en meer specifiek van de reflectiecoëfficiënt of het verschil in akoestische impedantie

(= $\text{dichtheid} \times \text{snelheid geluid}$) tussen het rivierwater en de bodem. Naast andere factoren zoals waterdiepte, invalshoek en bodemruwheid heeft eveneens de structuur van de bovenste bodemlaag een belangrijke invloed. Daarom kunnen akoestische signalen uitgezonden met dezelfde kenmerken, sterke verschillen vertonen wanneer ze terug opgevangen worden (echo). De interpretatie ervan is een gecompliceerd proces waarin de structuur van de bovenste bodemlaag een grote rol speelt.

Röntgenfotografie van boorkeren is een snelle, niet-destructieve methode om sedimentaire structuren in kernen te detecteren en in beeld te brengen. De radiografieën van alle sediment kernen in deze studie werden bekomen met een Baltograph XSD160, een digitale detector FP Digit 2520 en IPOS011 software. De instrumentele opstelling werd gekijkt voor sedimenten van het Schelde estuarium teneinde een optimale beeldkwaliteit te bekomen met een minimaal verlies aan informatie.

2.2.2.4. Analyseresultaten

2.2.2.4.1 Korrelgrootteverdeling van de Shippek en Van Veen stalen

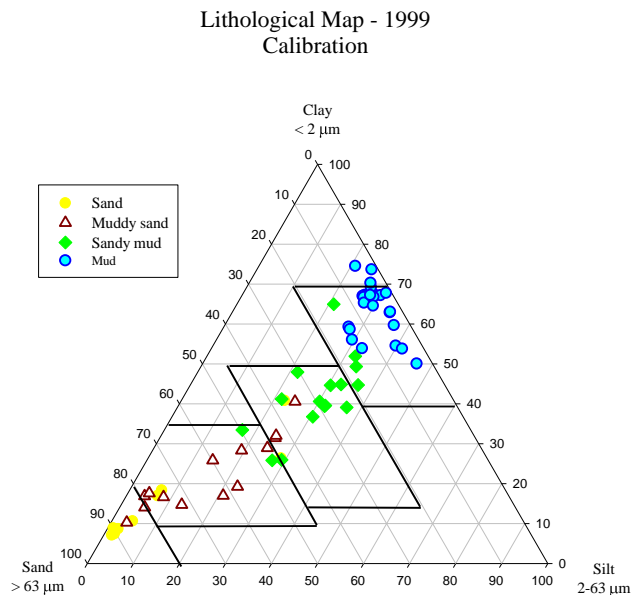
In de natuur komen alle mogelijk afzettingen voor van zuiver slib (klei), rijk aan organisch materiaal tot zuiver zand, arm aan organisch materiaal. Teneinde een lithologische kaart op te stellen is het dus essentieel om voorafgaandelijk een aantal lithologische klassen af te bakenen zodanig dat de ingevoerde klassen betekenisvol zijn voor de interpretatie van de sedimentdynamiek.

Nadat het gewichtsperscentage aan zand, silt en klei van een staal bepaald werd, werd een eenvoudig driehoeksdiagram gebruikt om het concept van het driedelig systeem zand-silt-klei zoals voorgesteld door Sindowski (1961) toe te passen. Ieder punt in dit driehoeksdiagram stelt een parameter voor bestaande uit zand (deeltjes $> 63 \mu\text{m}$ en $< 2 \text{ mm}$), silt (deeltjes tussen 2 en $63 \mu\text{m}$), en klei (deeltjes $< 2 \mu\text{m}$). Op deze wijze kan ieder geanalyseerd staal in het diagram gelokaliseerd worden op basis van zijn zand-silt-klei samenstelling.

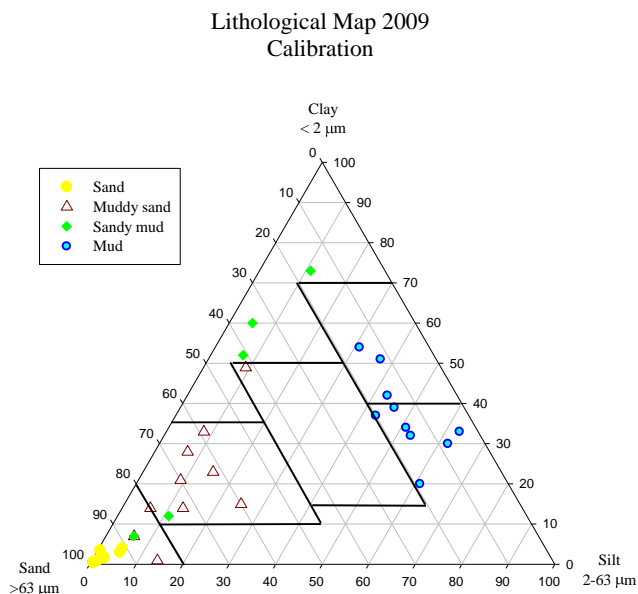
In het verleden werden verschillende lithologische kaarten van de Beneden-Zeeschelde opgesteld. Voor de kaarten opgesteld in 1964 en 1986 werd een eenvoudige veldbeschrijving gebruikt om de sedimentklassen op te stellen (Bastin 1973; Bastin 1987). Hierbij werden textuur (zand, klei) eigenschappen en structurele informatie (harde klei, slib op zandlaag) door elkaar gebruikt (Tabel 2-4). In 1999 werd een systematische classificatie ingevoerd waaraan één nieuwe, niet op sediment textuur steunende klasse, namelijk harde bodems, werd toegevoegd met de bedoeling de gebieden in de rivier aan te duiden waar een zeer harde reflectie gemeten werd (Wartel et al., 2000).

Tabel 2-4 Vergelijking van de sedimentklassen gebruikt in de lithologische kaarten van de Schelde in 1963 en 1987 (Bastin 1973; Bastin 1987) en in de lithologische kaart van de Schelde uit 1999 Wartel et al., 2000)

<i>Bastin 1964-1987</i>	<i>Wartel et al. 1999</i>
fluid mud (los slib)	mud
clay to mud (klei tot vast slib)	sandy mud
mud on sand layer (zand met sliblaag)	muddy sand
sand (zand)	sand
	hard bottom (gravel, sand or clay)



Figuur 2-8 Driehoeksdiagram gebaseerd op sediment textuur parameters – zand, silt en kleigehalte, gebruikt voor de opstelling van de lithologische kaart van de Schelde in 1999.



Figuur 2-9 Driehoeksdiagram gebaseerd op sediment textuur parameters – zand, silt en kleigehalte, gebruikt voor de opstelling van de lithologische kaart van de Schelde in 2009. Opgelet, de keuren en naamgeving in de legende wijzen op de referentiezone waar het staal genomen is, niet op de uiteindelijke lithologische interpretatie!

De grenzen voor het afbakenen van de lithologische klassen gebruikt voor de lithologische kaart uit 1999 zijn weergegeven in Tabel 2-5. Het driehoeksdiagram dat gebruikt werd voor het opstellen van de lithologische kaart uit 1999 is weergegeven in Figuur 2-8.

Om de lithologische kaart van 2009 op te stellen werd een programma voor het bemonsteren van calibratiestalen opgesteld volgens het concept en de methodologie als beschreven door Wartel et al. (2000). De grenzen voor de afbakening van de klassen zijn dezelfde als voor de kaart van 1999 (Tabel 2-5). Het driehoeksdiagram voor de lithologische kaart van 2009 is weergegeven in Figuur 2-9.

Een vergelijking tussen de driehoeksdiagrammen van 1999 en 2009 toont aan dat voor zand, slibhoudend zand en slib er een zeer goede overeenkomst bestaat tussen de sedimenten verzameld tijdens de huidige campagne, de sedimenten verzameld voor het opstellen van de bodemkaart in 1999 en de Schelde sedimenten in het algemeen. De meeste geanalyseerde stalen vallen binnen de in het driehoeksdiagram afgegrenste gebieden. Dit is echter niet zo voor de stalen genomen in het referentiegebied 'zandhoudend slib'. De stalen verzameld om deze sedimentklasse te vertegenwoordigen bevatten zowel zand (1 staal) als slibhoudend zand (1 staal). Geen enkel staal echter valt binnen de grenzen die in 1999 afgegrensd werden voor zandhoudend slib omdat het silt gehalte (fractie tussen 2 en 63 micronmeter) uitzonderlijk laag is. Men kan dus alleen maar besluiten dat de staalname voor zandhoudend slib niet gelukt is, wat logischerwijze zijn weerslag heeft bij het tot stand komen van de lithologische kaart.

Tabel 2-5 Grenzen van de sedimentsamenstelling gebruikt voor de opstelling van sedimentklassen zowel voor de lithologische kaart van 1999 als deze van 2009.

<i>sediment class</i>	<i>sand (< 63 μm) (%)</i>	<i>clay (< 2 μm) (%)</i>
sand	80 – 100	<10
muddy sand	45 – 80	10 – 35
sandy mud	20 – 45	15 – 50
mud	< 20	20 - 75

De korrelgrootteverdeling en de verhouding silt/klei van de Shippek en gehomogeniseerde Van Veen calibratiestalen zijn weergegeven in Tabel 2-6 tot Tabel 2-11, gegroepeerd per referentiezone. De slibklasse werd onderverdeeld in twee groepen: (1) silthoudend slib met een verhouding silt/klei groter dan 1, en (2) kleihoudend slib met een silt/klei verhouding kleiner dan 1. Een overzicht van de gemiddelde sedimentsamenstelling per referentiezone gebaseerd op de analyseresultaten is weergegeven in Tabel 2-12. De individuele korrelgrootteverdelingscurves en foto's zijn beschikbaar in Bijlage C.

Mits het samenvoegen van 'silthoudend slib' en 'kleihoudend slib' tot één klasse 'slib', en 'grindhoudend zand' en 'zandhoudend grind' tot klasse 'harde bodem', is het de interpretatie zoals weergegeven in onderstaande tabellen ('nomenclature') die gebruikt zal worden voor de vergelijking met de calibratie classificatiekaarten en de gecalibreerde Beneden-Zeeschelde kaarten. Merk op dat ook de visuele interpretatie van de teststalen in rekening gebracht wordt. Verder wordt er aangenomen dat de lithologische interpretatie van het gehomogeniseerde Van Veen staal geldt voor de vijf locaties waar de substalen van het homogene mengsel genomen werden, tenzij de visuele interpretatie aan boord een duidelijk verschil toonde (bvb. D1-V-1 bevatte duidelijk zand en wordt dus geïnterpreteerd als zandhoudend slib i.p.v. slib).

Tabel B-2 geeft een overzicht van de visuele interpretatie van de calibratiestalen, de analytische resultaten van de Shippek en Van Veen stalen en de uiteindelijke gebruikte interpretatie voor de vergelijking met de kaarten (inclusief teststalen en box corer stalen).

Tabel 2-6 Slibbodem – referentiezone D1: sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei.

Mud bottom – calibration site 1 (D1)						
staal label	gravel %	sand %	silt %	clay %	silt/clay	nomenclature
D1-S-1	0	19	61	20	3.05	silty mud
D1-S-2	0	15	53	32	1.66	silty mud
D1-S-3	0	4	63	33	1.91	silty mud
D1-S-4	0	15	46	39	1.18	silty mud
D1-S-5	0	15	31	54	0.57	clayey mud
D1-S-6	0	15	43	42	1.02	silty mud
D1-S-7	0	8	62	30	2.07	silty mud
D1-S-8	0	20	43	37	1.16	silty mud
D1-S-9	0	12	37	51	0.73	clayey mud
D1-V	0	15	51	34	1.50	silty mud
average	0	13.8	49.0	37.2	1.48	silty mud

Tabel 2-7 Harde bodem (grind) – referentiezone D2.1: sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei.

Hard bottom (gravelly) – calibration site 2.1 (D2.1)						
staal label	gravel %	sand %	silt %	clay %	silt/clay	nomenclature
D2-1-S-1	2.6	97	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-2	3	97	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-3	12	88	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-4	14	86	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-5	38	62	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-6	7	93	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-7	7	93	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-8	17	83	0	0	na	gravelly sand
D2-1-S-9	1	99	0	0	na	gravelly sand
D2-1-V	13	87	0	0	na	gravelly sand
average	11	88.5	0.0	0.0	na	gravelly sand

Tabel 2-8 Harde bodem (klei) – referentiezone D2.2: sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei.

Hard bottom (clayey) – calibration site 2.2 (D2.2)						
staal label	gravel %	sand %	silt %	clay %	silt/clay	nomenclature
D2-2-S-1						
D2-2-S-2	54	46	0	0	na	sandy gravel
D2-2-S-3	30	70	0	0	na	gravelly sand
D2-2-S-4	13	87	0	0	na	gravelly sand
D2-2-S-5	38	62	0	0	na	gravelly sand
D2-2-S-6	7	93	0	0	na	gravelly sand
D2-2-S-7	3	97	0	0	na	gravelly sand
D2-2-S-8	0	98	1	1	na	gravelly sand
D2-2-S-9	0	100	0	0	na	gravelly sand
D2-2-V	20	80	0	0	na	gravelly sand
average	18	81.6	0.1	0.1		gravelly sand

Tabel 2-9 Zandhoudende slibbodem – referentiezone D3: sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei.

Sandy mud bottom – calibration site 3 (D3)						
staal label	gravel %	sand %	silt %	clay %	silt/clay	nomenclature
D3-S-1	0	41	7	52	0.13	sandy mud
D3-S-2	0	35	5	60	0.08	sandy mud
D3-S-3	0	16	11	73	0.15	mud
D3-S-4	sampling failed					
D3-S-5						
D3-S-6						
D3-S-7	0	87	6	7	0.86	sand
D3-S-8	sampling failed					
D3-S-9						
D3-V	0	77	11	12	0.92	muddy sand
average	0	44.8	7.3	48.0	0.31	sandy mud

Tabel 2-10 Slibhoudende zandbodem – referentiezone D4: sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei.

Muddy sand bottom – calibration site 4 (D4)						
staal label	gravel %	sand %	silt %	clay %	silt/clay	nomenclature
D4-S-1	0	60	25	15	1.67	muddy sand
D4-S-2	0	85	14	1		sand
D4-S-3	0	73	13	14	0.93	muddy sand
D4-S-4	0	80	6	14	0.43	sand
D4-S-5	0	59	8	33	0.24	muddy sand
D4-S-6	0	65	7	28	0.25	muddy sand
D4-S-7	0	62	15	23	0.65	muddy sand
D4-S-8	0	42	9	49	0.18	sandy mud
D4-S-9	0	70	9	21	0.43	muddy sand
D4-V	0	87	6	7	0.86	sand
average	0	66.2	11.8	22.0	0.60	muddy sand

Tabel 2-11 Zandbodem – referentiezone D5: sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei.

Sand bottom – calibration site 5 (D5)						
staal label	gravel %	sand %	silt %	clay %	silt/clay	nomenclature
D5-S-1	0	99	0.5	0.5	1.00	sand
D5-S-2	0	98	1	1	1.00	sand
D5-S-3	0	92	5	3	1.67	sand
D5-S-4	0	96	2.4	1.6	1.50	sand
D5-S-5	0	91	5	4	1.25	sand
D5-S-6	0	99	0.6	0.4	1.50	sand
D5-S-7	0	96	2.4	1.6	1.50	sand
D5-S-8	0	98	1.2	0.8	1.50	sand
D5-S-9	0	99	0.6	0.4	1.50	sand
D5-V	0	96	0.5	3.5	0.14	sand
average	0	96.4	2.1	1.5	1.38	sand

Tabel 2-12 Overzicht van de gemiddelde sedimentsamenstelling en verhouding silt/klei voor iedere referentiezone.

bottom sediment classes	gravel (%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)	silt/clay ratio
mud	0	14	49	38	1.5
sandy mud	0	45	7	48	0.3
muddy sand	0	66	12	22	0.6
sand	0	96	2	1	1.4
hard bottom (gravel)	11	89	0	0	-
hard bottom (clay)	18	82	0	0	-

2.2.2.4.2 Kalkgehalte, hoeveelheid organisch materiaal en soortelijk sedimentoppervlak

De sedimenten van het estuarium van de Schelde werden uitvoerig besproken door Chen et al. 2005, Chen et al 2007 and Wartel et al. 2007. De korrelgrootteverdeling is de belangrijkste fysische parameter van het sediment omdat ze zeer nauw verband houdt met erosie- en sedimentatieprocessen en zowel direct als indirect chemische en biologische processen beïnvloedt. Het organisch materiaal in het sediment draagt bij tot de coagulatie van primaire vooral silt- en kleideeltjes. Het soortelijk oppervlak van bodemsedimenten is een fundamentele eigenschap die de kwantiteit en de aard van processen gerelateerd aan het sedimentoppervlak, zowel biologisch als chemisch en dus ook van verontreinigende stoffen, bepaalt. De gemiddelde waarden van het gehalte aan calciumcarbonaat, aan organisch materiaal, en het soortelijk oppervlak van de calibratiestalen is weergegeven in Tabel 2-13 tot Tabel 2-15. De stalen van harde bodems grind en harde bodems klei werden samengevoegd in één klasse omwille van de grote overeenkomst in korrelgroottesamenstelling. Alle analyses werden uitgevoerd na het verwijderen van de grindfractie (>2mm). Opmerking: analyse 1 en analyse 2 vertegenwoordigen dubbele analyses.

Tabel 2-13 Gemiddeld gehalte aan calciumcarbonaat van alle stalen

bottom sediment classes	calcium carbonate analysis 1 (%)	calcium carbonate analysis 2 (%)	calcium carbonate average (%)	standard deviation
mud	17.9	17.7	17.8	0.74
sandy mud	15.0	15.6	15.3	0.51
muddy sand	16.1	16.5	16.3	0.38
sand	3.5	3.6	3.6	0.08
hard bottom (gravel/clay)	4.7	5.0	4.9	0.35

Tabel 2-14 Gemiddeld gehalte aan organisch materiaal van alle stalen

bottom sediment classes	organic matter analysis 1 (%)	organic matter analysis 2 (%)	organic matter average (%)	standard deviation
mud	11.4	11.4	11.4	0.26
sandy mud	6.7	7.3	6.8	0.26
muddy sand	3.0	3.1	3.0	0.10
sand	0.9	0.9	0.9	0.05
hard bottom (gravel/clay)	0.6	0.5	0.5	0.05

Tabel 2-15 Gemiddeld soortelijk oppervlak (SSA) van alle stalen

bottom sediment classes	SSA - analysis 1 (m ² g ⁻¹)	SSA - analysis 2 (m ² g ⁻¹)	SSA - average (m ² g ⁻¹)	standard deviation
mud	91	94	93	13
sandy mud	69	31	64	36
muddy sand	47	28	41	26
sand	20	15	21	8
hard bottom (gravel/clay)	no analyses			

2.2.2.4.3 Densiteitsprofielen en structuur van het sediment

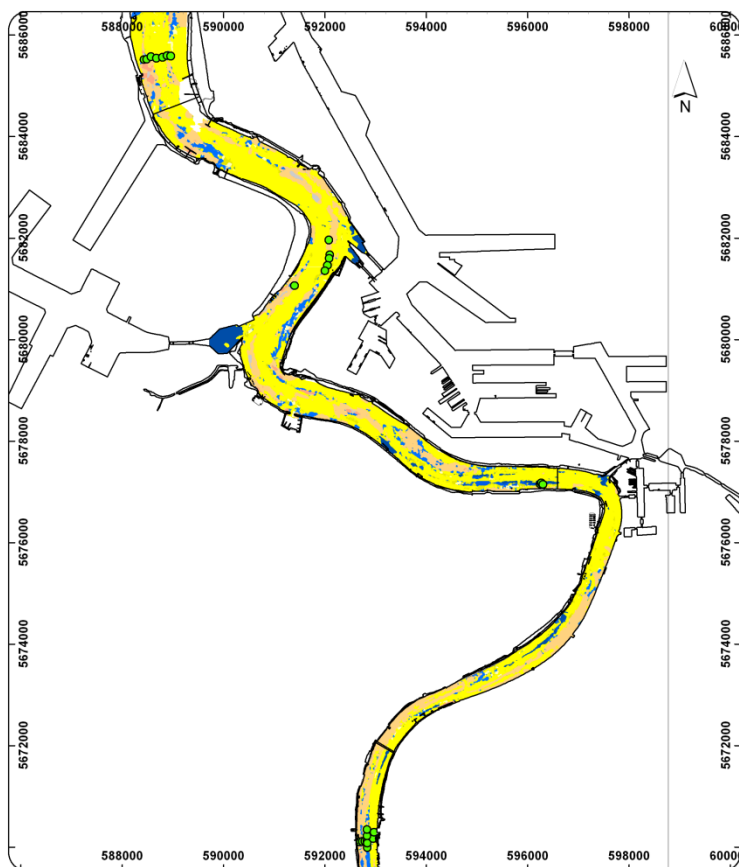
De densiteitsprofielen en structuur van de box corer stalen zijn uitgebreid beschreven in Bijlage D.

2.2.3. Validatiestalen

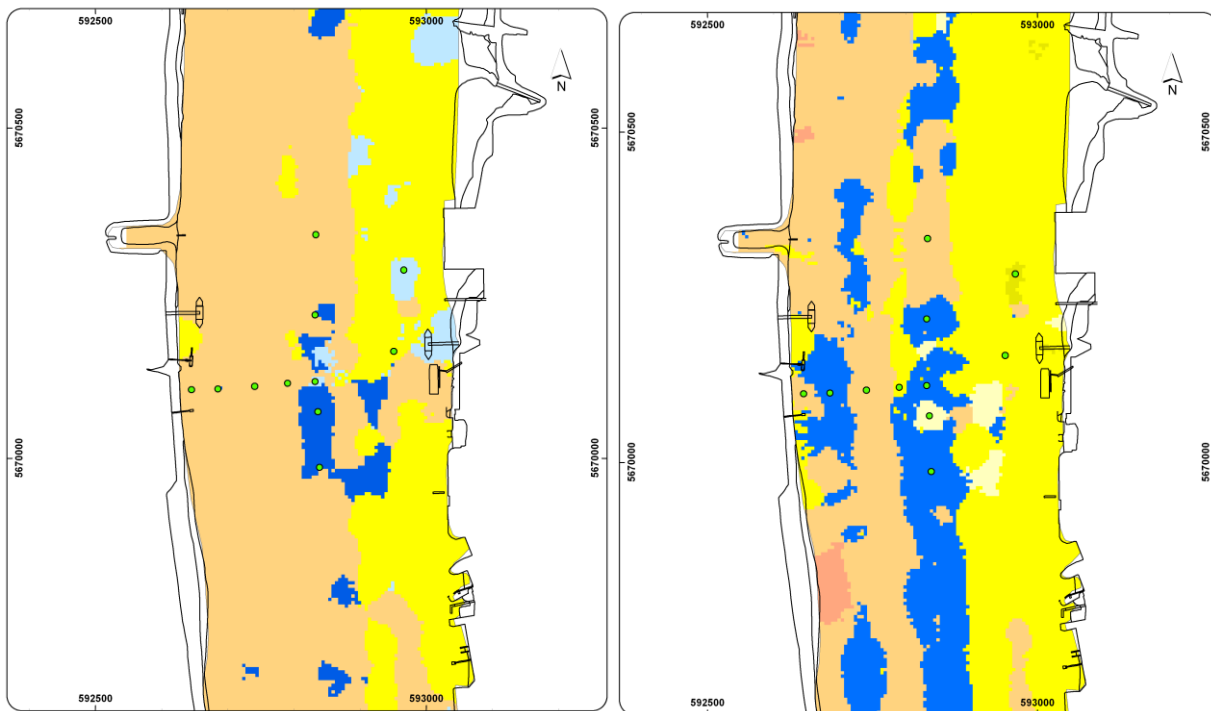
2.2.3.1. Staalnamecampagne

De validatie staalnamecampagne werd uitgevoerd op 25 en 26 augustus 2010 aan boord van de Scheldewacht. In gebieden (akoestische klassen) waar geen of weinig controlestalen werden genomen, werden extra stalen genomen om de bekomen finale (gesuperviseerde) lithologische kaart (cf. 2.3.2.3) te valideren, en na te gaan of de voorspelde lithologieën ook effectief voorkomen of om de lithologie van een nog onbekende klasse te bepalen. Er werden zones uitgekozen verspreid over de gehele Beneden-Zeeschelde (ter hoogte van Kruibeke-Hoboken, Oosterweel, Kallo en Doel). Er werd bovendien geopteerd voor gebieden die akoestisch sterk verschillen met de kaarten die niet verkozen werden tot finale lithologische kaart, als extra controle. Zo vertoont een dwarssectie ter hoogte van Kruibeke-Hoboken en Doel veel lithologische variatie op de finaal gekozen kaart, terwijl de niet verkozen kaarten veel minder variatie vertonen (Figuur 2-11 en Figuur 2-12).

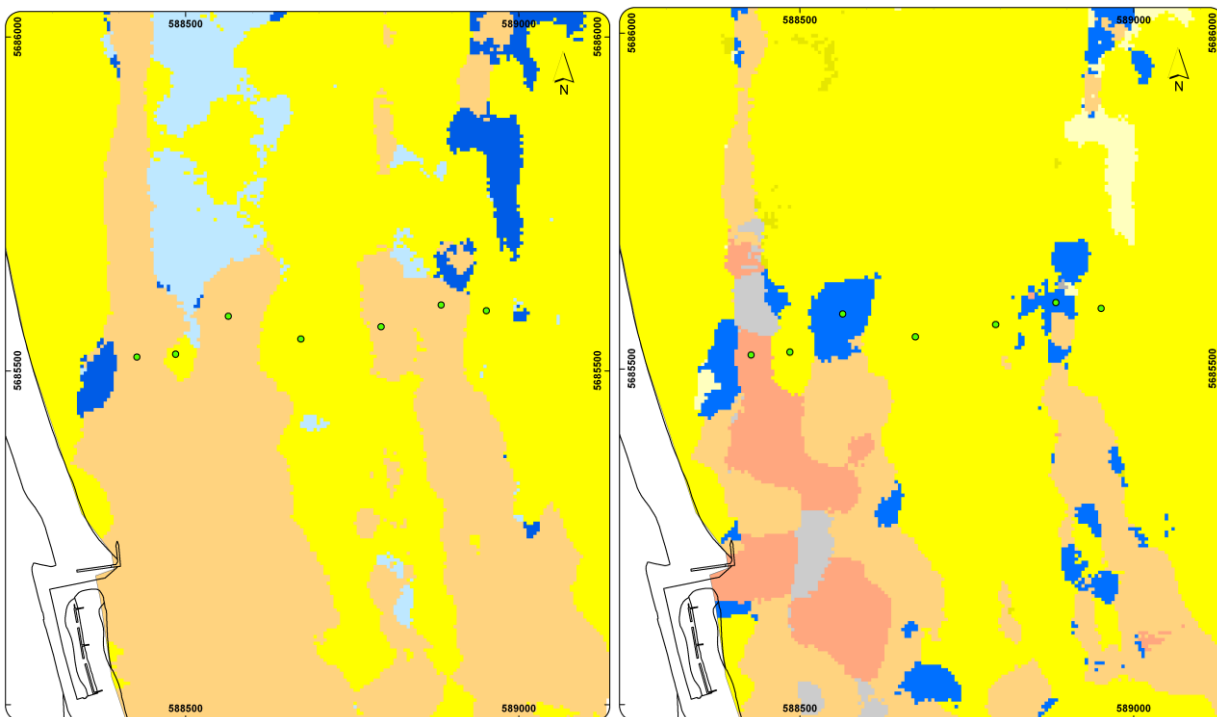
Er werd telkens getracht te bemonsteren centraal in een akoestische klasse. Om reeds rekening te houden met mogelijk afdrijven en toevallige 'outliers' in het gebied werd per geplande locatie telkens drie keer bemonsterd.



Figuur 2-10 Locaties voor validatiestaalnames



Figuur 2-11 Validatie staalnamelocatie ter hoogte van Kruibeke-Hoboken. Links: kaart 33x33_7 klassen, rechts: 33x33_15 klassen



Figuur 2-12 Validatie staalnamelocatie ten noorden van Doel. Links: kaart 33x33_7 klassen, rechts: 33x33_15 klassen

2.2.3.2. *Gebruikte apparatuur en uitgevoerde analyses*

Er werd bemonsterd met een Shipek bodemgrijper. De validatie sedimentstalen werden aan boord beschreven (korrelgrootte, aanwezigheid van organisch materiaal, sliblaagje, enz.), gefotografeerd en bemonsterd.

Een tabel met de bemonsterde locaties en de interpretatie van de stalen is gegeven in appendix (Tabel E-1).

2.2.3.3. *Analyseresultaten*

De validatie van de finale gesuperviseerde (gecalibreerde) lithologische kaart is beschreven onder § 2.3.3.2.

2.3. Opmaak lithologische kaart d.m.v. gesuperviseerde classificatie

2.3.1. Opstellen calibratie catalogusbestand

2.3.1.1. *Opmaak akoestische classificatiekaarten van de calibratie referentiezones*

Na het nemen van de beoogde calibratiestalen werd het betreffende gebied ruim bedekt door multibeam backscatter opnames door het schip Veremans. Zo werden zes multibeam datasets bekomen, één voor elke referentiezone. De backscatter data van deze zes zones werden samen geprocessed tot één calibratie dataset. 100% van de records (zowel bij rectangle size 65x65 als 33x33) en 5 iteraties werden gebruikt voor het opstellen van een aantal mogelijke catalogusbestanden.

Zeven verschillende catalogusbestanden, met een verschillend aantal akoestische klassen, werden overwogen en toegepast op de calibratie dataset waarop de catalogi werden gebaseerd voor het bekomen van calibratie classificatiekaarten. Voor een kaart met rectangle size 65x65 werd voor visualisatie een 5x5 m gridcel grootte gebruikt, en een interpolatieafstand van 100 m waarbinnen 20 records in rekening gebracht werden. Voor een kaart met rectangle size 33x33 werd een 5x5 m gridcel grootte gebruikt en een interpolatieafstand van 100 m waarbinnen 50 records in rekening gebracht werden.

Een vergelijking van de calibratie classificatiekaarten met de calibratie sedimentstalen zal uitmaken welk(e) catalogusbestand(en) het meeste geschikt is (zijn) voor het calibreren van de finale lithologische kaart.

De catalogi die werden voorgesteld zijn deze met het beste aantal klassen (bepaald door de software zoals beschreven in Deelrapport 1: Technisch rapport I/RA/11341/10.011/MIM), i.e. 9 klassen voor de 65x65 kaart en 15 klassen voor de 33x33 kaart. Bijkomend werd ook de 33x33 classificatiekaart met 9 klassen in acht genomen, om vergelijking met de 65x65 mogelijk te maken, de 33x33 en 65x65 classificatiekaarten met 7 klassen om vergelijking met eerdere kaarten uit het technisch rapport mogelijk te maken, en de 65x65 en 33x33 classificatiekaarten met 6 klassen, in overeenstemming met het beoogde aantal lithologische klassen.

- 65x65_9 klassen (beste)
- 65x65_7 klassen (maakt vergelijking met technisch rapport mogelijk)
- 65x65_6 klassen (beoogde aantal klassen)
- 33x33_15 klassen (beste)
- 33x33_9 klassen
- 33x33_7 klassen
- 33x33_6 klassen

2.3.1.2. *Vergelijking classificatiekaarten van de referentiezones met calibratiestalen*

De figuren in Bijlage F tonen telkens per classificatiekaart, de verschillende referentiezones met de overeenkomstige calibratiestalen. De calibratiestalen zijn weergegeven met een kleurencode die overeenkomt met de lithologie bekomen uit de analyses. Een akoestische klasse kreeg dezelfde kleurencode als de lithologie die het meeste voorkomt in die klasse. Wanneer meerdere klassen overeenkomen met dezelfde lithologie kregen ze een verschillende kleurnuance van dezelfde tint. Wanneer een bepaalde akoestische klasse geen stalen bevat kreeg ze een grijze kleur.

De kleurencode:

Slib = donkerblauw

Zandhoudend slib = lichtblauw

Slibhoudend zand = lichtgroen

Zand = geel

Harde bodem = oranje en roze

OPMERKING: voor visualisatie van de kaarten werd een interpolatie doorgevoerd (5x5m grid, 100 m interpolatie), waardoor een aantal klassen uit de oorspronkelijke catalogus niet meer zichtbaar zijn (omdat de betreffende klasse slechts in een beperkt aantal rectangles voorkwam). Vandaar dat bvb. in de 33x33_15 klassen kaart, klassen 9 en 15 ontbreken.

Uit de analyses bleek ook dat de stalen genomen in het referentiegebied 'zandhoudend slib' in werkelijkheid niet altijd zandhoudend slib bevatten. Van de vier Shipex stalen die konden genomen worden, werd er 1 staal na analyse geïnterpreteerd als zand en een ander als slib. Ook het gehomogeniseerde Van Veen staal is eerder slibhoudend zand dan zandhoudend slib. Het is dus heel moeilijk om een specifieke akoestische klasse te kunnen koppelen aan de weinige 'zandhoudend slib' stalen. De stalen genomen met de box corer werden niet geanalyseerd in het labo op korrelgrootteverdeling, maar werden visueel geïnterpreteerd aan boord. De locaties van de box corer stalen kregen dus de kleurencode overeenkomstig de visuele lithologische interpretatie.

Hieronder wordt per calibratie classificatiekaart beschreven hoe goed de kaart een onderscheid maakt (akoestisch) tussen de verschillende aangetroffen lithologische facies.

- 65x65_6 klassen:
 - Klasse 1 bevat vooral **slibhoudend zand** (12), maar ook zandhoudend slib (4), zand (4) en slib (3) in de buurt van Kallosluis.
 - Klasse 2 bevat zowel **harde bodem** door klei (10) als grind (16), en ook zand (11).
 - Klasse 3 bevat **slib** (17)
 - Klasse 4 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 5 bevat vooral **zand** (23), maar op sommige plaatsen ook slib (4) en harde bodem (3). Deze akoestische kaart maakt niet altijd goed onderscheid tussen slib en zand.
 - Klasse 6 bevat vooral **slib** (7), zandhoudend slib (2) en slibhoudend zand (2)
 - Deze akoestische classificatiekaart maakt geen onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand. Zandhoudend slib wordt niet als een aparte klasse herkend
- 65x65_7 klassen:
 - Klasse 1 bevat vooral **harde bodem** door grind (11) en zand (9)
 - Klasse 2 komt deels voor waar op kaart 65x65_6 de **zandklasse** voorkomt (klasse 5), maar bevat op deze kaart slechts 2 zandstalen en 3 slib stalen. Ook deze akoestische kaart maakt niet altijd goed onderscheid tussen slib en zand.
 - Klasse 3 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 4 bevat **slib** (17)
 - Klasse 5 bevat vooral **slib** (7) en ook wat zandhoudend slib (2) en slibhoudend zand (2)
 - Klasse 6 bevat vooral **slibhoudend zand** (12), maar ook zandhoudend slib (4), zand (6) en slib (3) in de buurt van Kallosluis.
 - Deze akoestische classificatiekaart maakt geen onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand. Zandhoudend slib wordt niet als een aparte klasse herkend
 - Klasse 7 bevat vooral **zand** (22) maar bevat ook de meeste harde bodem stalen met klei (11). Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen zand en harde bodem door deze classificatiekaart.

- 65x65_9 klassen:
 - Klasse 1 bevat voornamelijk **harde bodem** door grind (11) en zand (9)
 - Klasse 2 bevat **slib** (17)
 - Klasse 3 bevat voornamelijk **harde bodem door klei** (10) en wat harde bodem door grind (5). Deze akoestische classificatiekaart maakt onderscheid tussen harde bodem door klei, en harde bodem door grind.
 - Klasse 4 bevat vooral **zandhoudend slib** (3), ook wat slib (1), zand (1) en slibhoudend zand (1).
 - Klasse 5 bevat vooral **slibhoudend zand** (10), wat zand (5) en slib (3) in de buurt van Kallosluis. Deze akoestische classificatiekaart maakt onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand.
 - Klasse 6 komt overeen met **zand** (22) en bevat ook stalen slib (3). Deze kaart maakt beter onderscheid tussen zand en slib dan kaarten 65x65_6 en 65x65_7.
 - Klasse 7 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 8 bevat 1 staal **slib**
 - Klasse 9 bevat **slib** (5), zandhoudend slib (2) en slibhoudend zand (2).
- 33x33_6 klassen:
 - Klasse 1 komt overeen met **zand** (17) en bevat ook stalen slib (3).
 - Klasse 2 bestaat voornamelijk uit **harde bodem** door klei (11), door grind (17), en uit zand (15) (meer zand dan de andere kaarten). De klasse bevat ook slib (2), slibhoudend zand (2) en zandhoudend slib (1).
 - Klasse 3 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 4 bestaat uit **slib** (6)
 - Klasse 5 bestaat uit **slib** (17)
 - Klasse 6 bevat vooral **slibhoudend zand** (12), maar ook zandhoudend slib (4), zand (7) en slib (3) in de buurt van Kallosluis.
 - Deze akoestische classificatiekaart maakt geen onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand. Zandhoudend slib wordt niet als een aparte klasse herkend
- 33x33_7 klassen:
 - Klasse 1 bestaat uit **slib** (17)
 - Klasse 2 komt overeen met **zand** (15) en bevat ook slib (4).
 - Klasse 3 bevat vooral **slibhoudend zand** (11), maar ook zandhoudend slib (3), wat zand (5) en slib (3) in de buurt van Kallosluis.
 - Klasse 4 bevat **harde bodem** door grind (17), door klei (11) en veel zand (16). Net als kaart 33x33_6 maakt ook deze akoestische kaart niet goed onderscheid tussen harde bodem en zand. De klasse bevat ook slib (2) en slibhoudend zand (2).
 - Klasse 5 bevat zand (3), slibhoudend zand (1) en **zandhoudend slib** (1). In de buurt van deze klasse komen echter veel meer zandhoudende slibstalen voor. Deze akoestische classificatiekaart maakt ongeveer onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand.
 - Klasse 6 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 7 bevat **slib** (5) en zandhoudend slib (2)

- 33x33_9 klassen:
 - Klasse 1 komt overeen met **zand** (18) en bevat ook stalen slib (3).
 - Klasse 2 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 3 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 4 bevat **harde bodem** door grind (17), door klei (11) en veel zand (16). Net als kaart 33x33_6 en 33x33_7 maakt ook deze akoestische kaart niet goed onderscheid tussen harde bodem en zand. De klasse bevat ook slib (1) en slibhoudend zand (2).
 - Klasse 5 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 6 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 7 bevat **slib** (7) en zandhoudend slib (2)
 - Klasse 8 bevat **slib** (17)
 - Klasse 9 bevat vooral **slibhoudend zand** (12), maar ook zandhoudend slib (4), wat zand (5) en slib (3) in de buurt van Kallosluis.
 - Deze akoestische classificatiekaart maakt geen onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand. Zandhoudend slib wordt niet als een aparte klasse herkend. Klasse 5 ligt wel heel dicht in de buurt van een aantal zandhoudende slibstalen.
- 33x33_15 klassen:
 - Klasse 1 bestaat uit **slib** (17)
 - Klasse 2 bestaat uit **slib** (4), zandhoudend slib (2) en wat zand (2) en slibhoudend zand (1).
 - Klasse 3 bestaat uit **slib** (2)
 - Klasse 4 bestaat uit **harde bodem** door grind (6) en zand (4).
 - Klasse 5 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 6 bestaat uit **slib** (1)
 - Klasse 7 bestaat uit zowel **harde bodem** door grind (10) als klei (11), en zand (7). Het onderscheid tussen de harde bodems is niet duidelijk, maar het onderscheid met zand is veel beter dan de andere 33x33 calibratiekaarten.
 - Klasse 8 bestaat hoofdzakelijk uit **zand** (21), maar bevat ook stalen slib (5).
 - Klasse 9 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 10 bestaat uit **slibhoudend zand** (7), en wat zand (2), zandhoudend slib (1) en slib (1) in de buurt van Kallosluis. Er wordt door deze kaart beter onderscheid gemaakt tussen slib en slibhoudend zand nabij Kallosluis.
 - Klasse 11 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 12 bestaat uit **zandhoudend slib** (3) en zand (3). Deze akoestische classificatiekaart maakt redelijk goed onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand.
 - Klasse 13 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 14 bevat **geen calibratiestalen**
 - Klasse 15 komt door interpolatie niet meer voor

Uit de sedimentanalyses blijkt dat lithologisch geen onderscheid kan gemaakt worden tussen harde bodem klei en harde bodem door grind. Deze onderscheidingsfactor dient dus niet in rekening gebracht te worden.

2.3.1.3. *Vergelijking calibratiekaarten onderling*

Hieronder worden per referentiezone de calibratiekaarten onderling vergeleken. Er wordt nagegaan hoe goed de calibratiestalen in een bepaalde akoestische klasse liggen. Calibratiestalen met dezelfde lithologie zouden in dezelfde akoestische klasse moeten liggen. Stalen die buiten die klasse liggen worden beschouwd als 'outliers'. Ook stalen met een lithologie die verschilt van de meest voorkomende lithologie in een bepaalde klasse worden als 'outliers' beschouwd.

Daar er zeer weinig zandhoudend slib stalen werden genomen tijdens de calibratiecampagne, werd hier vooral gefocust op de stalen die zeer duidelijk herkenbaar waren, i.e. zand, slib en harde bodem.

Tabel 2-16 geeft het aantal 'outliers' weer in drie referentiezones per calibratiekaart. Voor figuren wordt verwezen naar Figuur F-1 tot Figuur F-7 in bijlage.

In de slib referentiezone (Kallosluis) hebben de meeste kaarten 4 outliers. Eén zandhoudend slib staal ligt in de akoestische slibklasse, en drie slibstalen liggen buiten deze akoestische klasse (slibhoudend zandklasse). Enkel kaart 33x33_15 klassen heeft slechts 1 outlier. Drie slibstalen die bij de andere kaarten in de slibhoudend zandklasse liggen, liggen bij deze kaart in een tweede slibklasse.

In de zand referentiezone liggen alle zandstalen bij de 65x65 kaarten in dezelfde akoestische klasse (0 outliers). Bij de 33x33 kaarten met 6, 7 en 9 klassen liggen telkens 5 zandstalen in de nabije harde bodem klasse. Bij de 33x33_15 klassenkaart liggen slechts 2 stalen fout.

Bij elke kaart liggen in de harde bodem referentiezone minstens 11 zandstalen (visuele interpretatie, analyses geven wel harde bodem interpretatie). Bij kaart 65x65_7 klassen liggen echter nog 12 stalen verkeerd (en een nabije zandklasse). Bij 65x65_6 klassen ligt er een harde bodemstaal in een nabije slibklasse.

De calibratiekaart 33x33 met 15 klassen deelt de calibratiestalen dus het beste in. Bovendien maakt deze kaart een onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand.

Tabel 2-16 Overzicht van 'outliers' binnen een bepaalde referentiezone per calibratiekaart.

	Referentiezone Slib D1	Referentiezone zand D5	Referentiezone Harde bodem D2	Onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand?
65x65_6 klassen	4 outliers	0 outliers	12 outliers	no
65x65_7 klassen	4 outliers	0 outliers	23 outliers	no
65x65_9 klassen	4 outliers	0 outliers	11 outliers	yes
33x33_6 klassen	4 outliers	5 outliers	11 outliers	no
33x33_7 klassen	4 outliers	5 outliers	11 outliers	no
33x33_9 klassen	4 outliers	5 outliers	11 outliers	no
33x33_15 klassen	1 outlier	2 outliers	11 outliers	yes

2.3.1.4. *Besluit*

De calibratiekaart met rectangle size 33x33 en 15 akoestische klassen haalt de verschillende facies er het beste uit. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand. Er wordt een goed onderscheid gemaakt tussen harde bodems en zand. Het slib in de buurt van Kallo wordt als slib herkend en niet gelijk gesteld aan slibhoudend zand.

De kaarten met 9 en 7 klassen geven ook nog redelijke resultaten voor het onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand, als de grenzen van de akoestische klassen niet te scherp worden genomen.

Van de kaarten met rectangle size 65x65, geef de kaart met 9 klassen de beste resultaten. Deze kaart maakt onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand. Ze maakt beter onderscheid tussen zand en slib dan de kaarten met 6 en 7 klassen. De kaart met 7 klassen maakt geen onderscheid tussen zand en harde bodem.

2.3.2. *Toepassen calibratie catalogus op Beneden-Zeeschelde kaarten*

2.3.2.1. *Opmaak gecalibreerde classificatiekaarten van de Beneden-Zeeschelde*

De volgende stap is het toepassen van de calibratie catalogus (van de classificatiekaarten die als beste uit de bus kwamen) op de volledige Beneden-Zeeschelde dataset, i.e. 'supervised classification'. De 65x65 catalogus werd toegepast op de 65x65 Beneden-Zeeschelde dataset, en de drie beste 33x33 catalogi op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset. De bekomen Beneden-Zeeschelde kaarten noemt men 'gecalibreerde' kaarten.

- 65x65_9 klassen catalogus toegepast op de 65x65 Beneden-Zeeschelde dataset
- 33x33_15 klassen catalogus toegepast op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset
- 33x33_9 klassen catalogus toegepast op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset
- 33x33_7 klassen catalogus toegepast op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset

2.3.2.2. *Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeeschelde kaarten met de calibratie- en controlestalen*

In de figuren in Bijlage G wordt telkens per gecalibreerde classificatiekaart van de volledige Beneden-Zeeschelde, ingezoomd op de verschillende referentiezones en de overeenkomstige calibratiestalen en controlestalen (Figuur G-1 tot Figuur G-4). De verschillende gecalibreerde Beneden-Zeeschelde kaarten werden ook vergeleken per sectiekaart (Figuur G-5 tot Figuur G-10).

OPMERKING: de gecalibreerde Beneden-Zeeschelde kaarten geven in de referentiezones, waar de calibratie plaatsvond, niet hetzelfde beeld als op de calibratiekaarten. Ook al werd voor de opmaak van deze Beneden-Zeeschelde kaarten de calibratie catalogus gebruikt en dezelfde visualisatieparameters. Bvb. bij de Beneden-Zeeschelde kaarten 65x65_9 en 33x33_15 wordt er geen onderscheid meer gemaakt tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand (bij de calibratiekaartjes wel). Mogelijke redenen hiervoor: de calibratiekaarten zijn opgesteld met Veremans data van 2010, terwijl de gecalibreerde kaarten opgesteld zijn met data van 2009 van zowel Veremans en Parel2.

De calibratie- en controlestalen zijn opnieuw weergegeven met een kleurencode die overeenkomt met de lithologie bekomen uit de analyses (code zie § 2.3.1.2). Een akoestische klasse kreeg dezelfde kleurencode als de lithologie die het meeste voorkomt in die klasse. Wanneer meerdere klassen overeenkomen met dezelfde lithologie kregen ze een verschillende kleurnuance van dezelfde tint. Wanneer een bepaalde akoestische klasse geen stalen bevat kreeg ze een grijze kleur.

Hieronder wordt per Beneden-Zeeschelde classificatiekaart beschreven hoe goed de kaart een onderscheid maakt (akoestisch) tussen de verschillende aangetroffen lithologische facies.

- 65x65_9 klassen catalogus toegepast op de 65x65 Beneden-Zeeschelde dataset:
 - Klasse 1 is harde bodem (26 calibratie, 42 controle), zonder onderscheid te maken tussen grind en klei, deze klasse bevat ook wat zandstalen (10 calibratie, 5 controle)
 - Klasse 2 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 3 bestaat volgens de controlestalen uit harde bodem (6), maar bevat ook 2 slibhoudend zand calibratiestalen.
 - Het is mogelijk dat sinds het opmeten van de multibeam en het nemen van de controlestalen in 2009, er een lithologische verandering is opgetreden waardoor de calibratiestalen (genomen in 2010) slibhoudend zand aangeven.
 - Klasse 4 komt overwegend voor in de sluizen en bestaat volgens 19 calibratiestalen duidelijk uit slib, maar deze klasse bestaat elders in 12 calibratiestalen uit zand. Ook de controlestalen leiden tot deze dubbele interpretatie (slib in 6 stalen, zand in 9 stalen).
 - Deze akoestische classificatiekaart kan slib niet van zand onderscheiden.
 - Klasse 5 is slib (1 calibratie))
 - Klasse 6 bestaat hoofdzakelijk uit zand (19 calibratiestalen, 57 controlestalen), maar bevat ook bijna alle slibhoudend zandstalen (12 calibratie, 20 controle) en bijna alle zandhoudend slibstalen (5 calibratie, 32 controle). Daarnaast bevat deze klasse ook harde bodem (2 calibratie, 25 controle).
 - Deze akoestische classificatiekaart ziet zand, slibhoudend zand en zandhoudend slib als 1 klasse.
 - Klasse 7 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 8 bevat zandhoudend slib (2 calibratie, 5 controle) en slib (5 calibratie). Deze klasse zou kunnen geïnterpreteerd worden als zandhoudend slib, maar de meeste (32) stalen zandhoudend slib worden echter niet herkend en zitten in klasse 6.
 - De 65x65_9kl akoestische classificatiekaart van de Beneden-Zeeschelde maakt, in tegenstelling tot de 65x65_9kl calibratiekaart, geen onderscheid tussen zandhoudend slib en slibhoudend zand, of tussen harde bodem door klei of grind.
 - Klasse 9 bevat slib (4), zand (1) en harde bodem (1)
- 33x33_7 klassen catalogus toegepast op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset:
 - Klasse 1 bevat geen stalen
 - Klasse 2 bestaat hoofdzakelijk uit zand (26 calibratiestalen, 50 controlestalen), maar bevat ook de meeste slibhoudend zandstalen (3 calibratie, 13 controle) en de meeste zandhoudend slibstalen (1 calibratie, 21 controle). Daarnaast bevat deze klasse ook harde bodem (2 calibratie, 12 controle).
 - Deze akoestische classificatiekaart ziet zand, slibhoudend zand en zandhoudend slib als 1 klasse.
 - Klasse 3 bestaat duidelijk uit slib (17 calibratie, 5 controle) en komt vooral voor in de sluizen, maar bevat soms zand (5 controle)
 - Deze akoestische classificatiekaart kan slib niet altijd van zand onderscheiden.
 - Klasse 4 bestaat hoofdzakelijk uit harde bodem (61 controle, 28 calibratie), maar bevat ook veel zand (15 calibratie, 15 controle), slibhoudend zand (11

calibratie, 9 controle) en zandhoudend slib (3 calibratie, 7 controle). Verhoudingsgewijs, zijn het vooral de calibratiestalen die afwijken. Het is echter onwaarschijnlijk dat tussen het opmeten van de multibeam en het nemen van de calibratiestalen (in 2009), er een lithologische verandering opgetreden is op zo'n grote schaal waardoor de calibratiestalen (genomen in 2010) slibhoudend zand, zand en zandhoudend slib aangeven i.p.v. harde bodem.

- Deze akoestische classificatiekaart ziet geen verschil tussen harde bodem, zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand.
 - Klasse 5 bestaat uit zandhoudend slib (9 controle) en zand (5 controle)
 - Deze kaart onderscheidt als enigste zandhoudend slib als een aparte akoestische klasse. De meeste zandhoudend slibstalen (21) worden echter niet herkend en komen voor in klasse 2.
 - Klasse 6 is zandhoudend slib (1 controle)
 - Klasse 7 bestaat uit slib (5 calibratie, 2 controle) en zand (3 controle). Op basis van de controlestalen zou de klasse als zand geïnterpreteerd worden, maar uit de calibratie blijkt dat de klasse eerder met slib overeenstemt. Een lithologische verandering is mogelijk, maar waarschijnlijk kan deze akoestische classificatiekaart geen goed onderscheid maken tussen slib en zand.
- 33x33_9 klassen catalogus toegepast op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset:
 - Klasse 1 bestaat hoofdzakelijk uit zand (25 calibratiestalen, 51 controlestalen), maar bevat ook de meeste slibhoudend zandstalen (4 calibratie, 14 controle) en de meeste zandhoudend slibstalen (1 calibratie, 26 controle). Daarnaast bevat deze klasse ook harde bodem (2 calibratie, 13 controle).
 - Deze akoestische classificatiekaart ziet zand, slibhoudend zand en zandhoudend slib als 1 klasse.
 - Klasse 2 bevat zand (2 controle)
 - Klasse 3 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 4 bestaat hoofdzakelijk uit harde bodem (62 controle, 29 calibratie), maar bevat ook veel zand (14 calibratie, 19 controle), slibhoudend zand (11 calibratie, 6 controle) en zandhoudend slib (4 calibratie, 8 controle). Verhoudingsgewijs, zijn het vooral de calibratiestalen die afwijken. Het is echter onwaarschijnlijk dat tussen het opmeten van de multibeam en het nemen van de calibratiestalen, er een lithologische verandering opgetreden is op zo'n grote schaal waardoor de calibratiestalen (genomen in 2010) slibhoudend zand, zand en zandhoudend slib aangeven i.p.v. harde bodem.
 - Deze akoestische classificatiekaart ziet geen verschil tussen harde bodem, zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand.
 - Klasse 5 bevat slibhoudend zand (1 controle), maar de meeste slibhoudend zandstalen behoren samen met zand en zandhoudend slib tot 1 klasse
 - Klasse 6 bevat zandhoudend slib (1 controle) maar de meeste zandhoudend slibstalen behoren samen met zand en zandhoudend slib tot 1 klasse
 - Klasse 7 bestaat uit slib (5 calibratie, 2 controle), zand (3 controle) en zandhoudend slib (2 calibratie, 1 controle)
 - Klasse 8 bevat geen stalen
 - Klasse 9 bestaat duidelijk uit slib (17 calibratie, 6 controle) en komt vooral voor in de sluizen, maar bevat soms zand (5 controle)
 - Deze akoestische classificatiekaart kan slib niet altijd van zand onderscheiden.

- 33x33_15 klassen catalogus toegepast op de 33x33 Beneden-Zeeschelde dataset:
 - Klasse 1 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 2 bevat slib (9) en zandhoudend slib (2)
 - Klasse 3 bevat geen stalen
 - Klasse 4 bevat geen stalen
 - Klasse 5 bevat geen stalen
 - Klasse 6 bevat zand (3 controle), slib (2 calibratie), harde bodem (1 controle). Deze klasse maakt niet helemaal duidelijk onderscheid tussen slib en zand. Het is ook mogelijk dat tussen de controle- en calibratiestaalname de lithologie veranderd is.
 - Klasse 7 is harde bodem (49 controle, 28 calibratie) met af en toe zand (10 calibratie, 10 controle)
 - Klasse 8 bestaat hoofdzakelijk uit zand (31 calibratiestalen, 60 controlestalen), maar bevat ook bijna alle slibhoudend zandstalen (12 calibratie, 19 controle) en bijna alle zandhoudend slibstalen (5 calibratie, 33 controle). Daarnaast bevat deze klasse ook harde bodem (3 calibratie, 16 controle).
 - Deze akoestische classificatiekaart ziet zand, slibhoudend zand en zandhoudend slib als 1 klasse.
 - Klasse 9 bevat geen stalen
 - Klasse 10 is slib (17 calibratie, 2 controle) en bevat slechts 3 zandstalen (controle).
 - Deze akoestische classificatiekaart kan slib goed van zand onderscheiden.
 - Klasse 11 is harde bodem (4 controlestalen)
 - Klasse 12 bevat zandhoudend slib (2 controle), slibhoudend zand (2 controle) en zand (1 controle). Deze klasse zou kunnen geïnterpreteerd worden als zandhoudend slib of slibhoudend zand, maar de meeste stalen zandhoudend slib (33) en slibhoudend zand (19) worden echter niet afzonderlijk herkend en zitten in klasse 8. Daar klasse 12 dezelfde facies als klasse 8 bevat krijgt ze een kleurencode in dezelfde tint (geel).
 - Klasse 13 bevat slib (1 controle), zandhoudend slib (1 controle) en zand (1 controle). De klasse heeft een kleine uitbreiding maar komt vaak voor in de buurt van klasse 10 (slib), dus is waarschijnlijk ook slib of zandhoudend slib.
 - Klasse 14 komt door interpolatie niet meer voor
 - Klasse 15 komt door interpolatie niet meer voor

2.3.2.3. *Besluit*

De classificatiekaart die het beste de lithologische facies weergeeft is de kaart met rectangle size 33x33 en 15 klassen. Deze kaart wordt als beste gesuperviseerde lithologische kaart bestempeld.

Kaarten 65x65_9kl, 33x33_7kl en 33x33_9kl kunnen slib niet altijd van zand onderscheiden. Bovendien onderscheiden kaarten 33x33_7kl en 33x33_9kl zandhoudend slib en slibhoudend zand niet van harde bodem.

De 33x33_15kl kaart **onderscheidt als beste kaart slib van zand.** Maar net als de andere drie kaarten wordt er **geen onderscheidt gemaakt tussen zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand.** Zij behoren tot dezelfde akoestische klasse.

2.3.3. Beste lithologische kaart d.m.v. gesuperviseerde classificatie

2.3.3.1. Te onderscheiden lithologische klassen

De beste gesuperviseerde lithologische kaart voor de gehele Beneden-Zeeschelde werd bekomen door het calibratie catalogusbestand met rectangle size 33x33 en 15 klassen toe te passen op de 33x33 dataset van de Beneden-Zeeschelde (Parel2 en Veremans data gemerged), i.e. 'supervised classification'. Voor de visuele voorstelling van de kaart werd een 5x5 m grid gebruikt, een interpolatieafstand van 100 m en werd gebruik gemaakt van 50 records binnen die afstand.

Drie akoestische klassen hebben een zodanig kleine uitbreiding dat de klassen na interpolatie niet meer voorkomen. Vier klassen bevatten geen calibratie- of controlestalen, maar werden na validatie geïnterpreteerd. De resterende 8 klassen kunnen gegroepeerd worden tot 3 verschillende lithologische facies met volgende kleurencode:

- slib = donkerblauw (Klassen 2+10+13)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand = geel (Klassen 6+8+12)
- harde bodem (grind + klei) = oranje (Klassen 7 +11)

Harde bodem en slib kunnen heel duidelijk akoestisch onderscheiden worden. Zand, slibhoudend zand en zandhoudend slib hebben dezelfde akoestische signatuur. Maar ook deze klasse is duidelijk te onderscheiden van slib en harde bodem.

De lithologische klasse 'harde bodem' bestaat uit harde bodem door geconsolideerd slib of klei, uit gebieden bedekt door grind, schelpengruis en/of gerolde slibkeitjes, en ook gebieden waar veel plantenmateriaal voorkomt (ruwe akoestische signatuur). De lithologische klasse 'slib' bestaat voornamelijk uit pure slib stalen, maar occasioneel kunnen ook meer zandige gebieden voorkomen (zandhoudend slib, slibhoudend zand, zand). De lithologische klasse 'zand+zandhoudend slib+slibhoudend zand' bestaat in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied (sectiekaarten Rupel-Burcht en Rede van Antwerpen) uit heel zuiver zand. Terwijl in het noordelijk gedeelte (tussen Saeftinghe en Doel) vaak slib voorkomt in de vorm van bijmenging bij het zand (slibhoudend zand, zandhoudend slib) of als gerolde slibkeitjes. Zandstalen die slibbrokjes en slibkeitjes bevatten werden als zand geïnterpreteerd.

De finale gesuperviseerde lithologische kaart van de volledige Beneden-Zeeschelde wordt getoond in Bijlage H.

2.3.3.2. Extra validatiestalen in onbekende gebieden

In gebieden (akoestische klassen) waar geen of weinig controlestalen werden genomen, werden extra stalen genomen om de bekomen finale (gesuperviseerde) lithologische kaart te valideren, en na te gaan of de voorspelde lithologieën ook effectief voorkomen of om de lithologie van een nog onbekende klasse te bepalen.

Hoe goed de finale gesuperviseerde kaart 33x33_15 klassen de lithologie van de Beneden-Zeeschelde voorspelt is weergegeven in Figuur E-1 tot Figuur E-4 in bijlage. Uit de validatie ter hoogte van Kruibeke-Hoboken blijkt dat klasse 2 harde bodem door geconsolideerde klei voorstelt. Alhoewel deze klasse vooral slibstalen bevat in het validatiegebied ten noorden van Kallosluis (Figuur E-3) en in het referentiegebied zandhoudend slib/slibhoudend zand van tijdens de calibratiecampagne. De uitbreiding van deze klasse 2 wordt wel duidelijk beter weergegeven op kaart 33x33_15 klassen dan op kaart 33x33_7 klassen. Zowel in het gebied Kruibeke-Hoboken als ten noorden van Kallosluis. In het laatste gebied komt er inderdaad slib voor zoals voorspeld door klasse 2 en harde bodem waar voorspeld door klasse 7.

In het gebied ten noorden van Doel (Figuur E-4) komen harde bodem stalen voor waar voorspeld door klasse 7 op kaart 33x33_15, net als slibstalen waar voorspeld door klasse 2 en zandstalen waar klasse 8 voorkomt. Opnieuw is kaart 33x33_15 klassen beter dan de 33x33_7 klassen kaart. De zandstalen komen op de 33x33_7 klassen kaart voor in klasse 4: harde bodem i.p.v. in klasse 2: zand/zandhoudend slib/slibhoudend zand. Ook de slibstalen komen op kaart 33x33_7 klassen in klasse 4, harde bodem voor, i.p.v. in een aparte klasse zoals op kaart 33x33_15 klassen.

Er komen echter ook 'outliers' voor op kaart 33x33_15 klassen: bvb. twee harde bodemstalen in het voorspelde slibgebied, en twee zandhoudend slibstalen in een voorspeld harde bodem gebied.

2.3.3.3. *Besluit*

De gesuperviseerde lithologische kaart met rectangle size 33x33 en 15 akoestische klassen is dus ook niet feilloos. Bovendien geeft **het beperkte aantal lithologisch te onderscheiden klassen (slib, harde bodem, zand+zandhoudend slib+ slibhoudend zand) geen echte meerwaarde ten opzichte van de algemeen gekende lithologie van de Beneden-Zeeschelde. De ruimtelijke uitbreiding van de 'zand+zandhoudend slib+slibhoudend zand' klasse is onaanvaardbaar groot.**

Daarom werd geopteerd om ook de ongesuperviseerde methode toe te passen ('unsupervised classification') op de volledige Beneden-Zeeschelde kaart met rectangle size 33x33.

2.4. Opmaak lithologische kaart d.m.v. ongesuperviseerde classificatie

2.4.1. Algemeen

De methode die eerst werd toegepast voor het opmaken van de Beneden-Zeeschelde lithologische kaart was deze van 'supervised classification'. Een catalogusbestand kan echter ook toegepast worden op dezelfde dataset waarop de catalogus gebaseerd is, voor het bekomen van een akoestische classificatiekaart ('unsupervised classification'), waarna voor elke klasse de lithologie bepaald moet worden.

In het eerste geval werd een bepaald catalogusbestand, met een aantal klassen met gekende lithologie, i.e. het calibratie catalogusbestand, toegepast op de volledige Beneden-Zeeschelde backscatter dataset. Het catalogusbestand zelf is echter gebaseerd op een beperkte backscatter dataset. Voor het opmaken van de Beneden-Zeeschelde kaart werd een catalogusbestand opgesteld vanuit de volledige Beneden-Zeeschelde backscatter dataset zelf, waarna een optimaal aantal klassen bepaald werd d.m.v. een statistisch iteratieproces.

2.4.2. Optimaal aantal klassen

Zoals reeds werd beschreven in het technisch rapport, wordt het optimaal aantal klassen van een backscatter dataset als volgt bepaald:

Vooraf wordt aan de software opgelegd hoeveel van de records in rekening gebracht moeten worden voor de indeling in clusters/klassen en binnen welke range het uiteindelijk aantal klassen moet vallen. De software test dan per optie binnen die range uit, in hoeverre dat specifiek aantal klassen als duidelijk aparte gehelen (clusters) te onderscheiden zijn. Hoe lager de 'score', hoe beter het onderscheidend vermogen. Dit proces wordt een aantal keer herhaald, i.e. iteratief. Per iteratie wordt het vooraf bepaald aantal records op basis van zijn Principal Components over de Q ruimte verdeeld, en wordt er gekeken hoe goed de clusters gescheiden zijn. Bij een volgende iteratie wordt hetzelfde *aantal* records, maar at random uitgekozen dus niet noodzakelijk *dezelfde* records, over de Q ruimte verdeeld, en opnieuw gekeken hoe goed de clusters te onderscheiden zijn. Het is heel goed mogelijk dat bij de volgende (at random) set records, de clusters iets anders liggen en net iets beter gescheiden zijn. Per specifiek aantal klassen is er dus een iteratie die de beste oplossing geeft. En binnen de range van mogelijk aantal klassen, is er dus steeds een oplossing waarbij de clusters/klassen het best te onderscheiden zijn, i.e. het optimaal aantal klassen.

Bij rectangle size 65x65 is het optimale aantal klassen 11, bij rectangle size 33x33 is dit 14. Uit eerdere vergelijkingen bleek dat de kaarten met rectangle size 33x33 beter zijn dan de 65x65 kaarten. Daarom werd er geopteerd om enkel de 33x33_14 klassen kaart te vergelijken met de calibratie-, controle- en validatiestalen. De resultaten van de controlestalen hebben echter voorrang omdat deze stalen genomen werden kort na het opnemen van de backscatter data. De calibratiestalen en validatiestalen werden pas 2-8 maanden na de multibeam opnames van de sectiekaarten genomen.

2.4.3. Vergelijking ongesuperviseerde kaart en controlestalen: indeling in lithologische klassen

Tabel 2-17 toont het voorkomen van het aantal controlestalen per klasse, opgesplitst naar lithologische interpretatie van de stalen. De lithologie die het meeste voorkomt bepaalt de interpretatie van de akoestische klasse. Maar er wordt ook rekening gehouden met de ligging van de klassen in Q space. In klasse 1, 5 en 6 komen geen stalen voor. De resterende 11 klassen kunnen als volgt gegroepeerd worden:

- Zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand = lichtgroen (klasse 8)
- Zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand = donkergroen (klasse 7 + 10 + 14)
- Zand = geel (klasse 2)
- Harde bodem = rood (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
- Slib = donkerblauw (klasse 11 + 12)

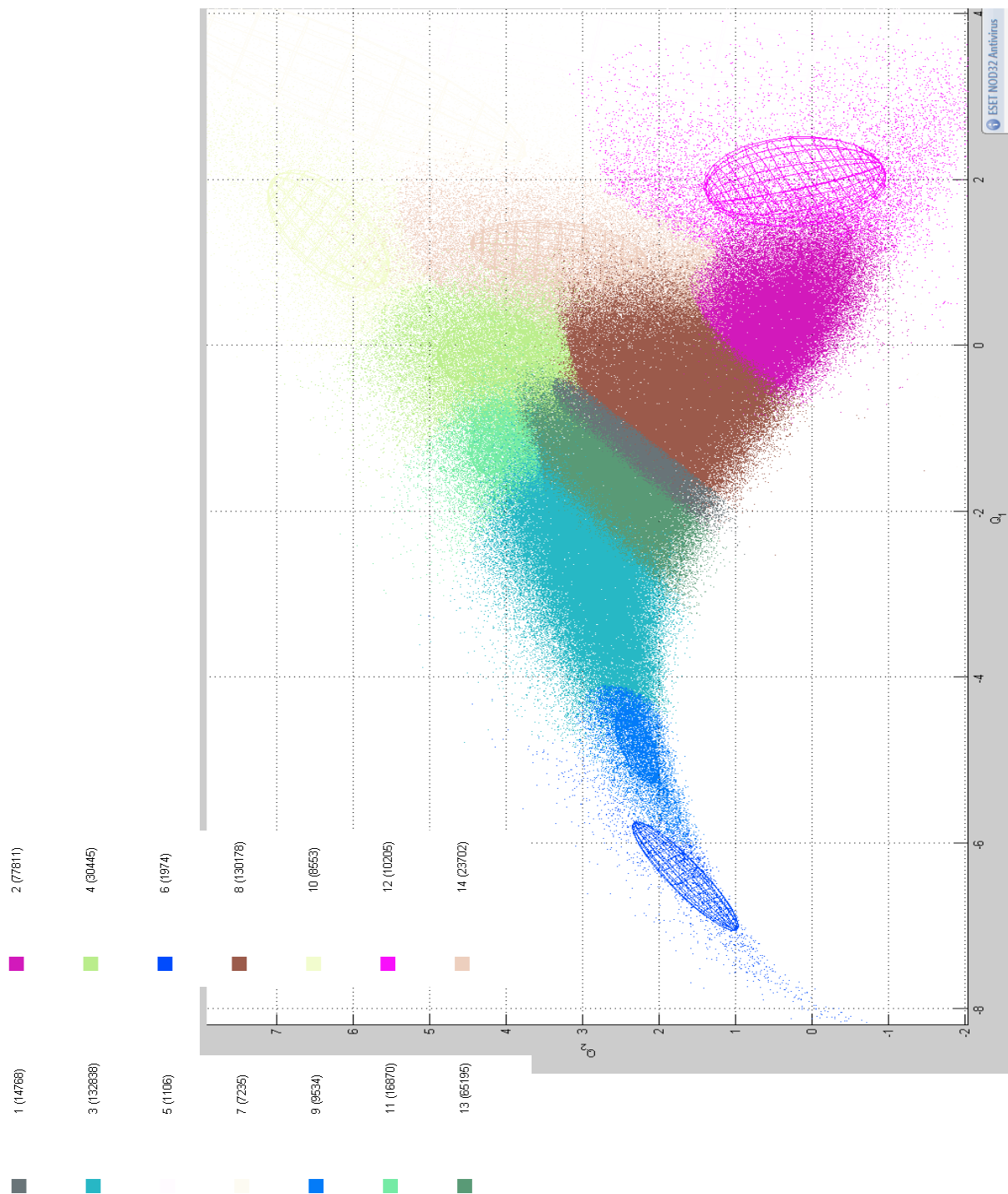
De klasse 'Zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand' werd opgesplitst in twee delen omdat de overeenkomstige klassen in twee verschillende gebieden liggen in Q space (Figuur 2-13). De twee groepen hebben dus verschillende akoestische eigenschappen.

De ongesuperviseerde lithologische kaart met 14 klassen wordt getoond in Bijlage I. Akoestische klassen met een gelijkaardige lithologie worden weergegeven in eenzelfde kleurtint.

Tabel 2-17 Het aantal controlestalen per akoestische klasse, opgesplitst naar lithologische interpretatie (harde bodem, zand, slib, mix: zandhoudend slib of slibhoudend zand).

Akoestische klasse	Aantal controlestalen
2	40
zand	24
mix	
slibhoudend zand	4
zandhoudend slib	8
slib	3
harde bodem	1
3	74
harde bodem	54
zand	14
mix	
slibhoudend zand	1
zandhoudend slib	5
4	10
mix	
slibhoudend zand	2
zandhoudend slib	2
harde bodem	3
zand	3
7	1
mix	
zandhoudend slib	1
8	73
mix	
slibhoudend zand	11
zandhoudend slib	21
zand	28
harde bodem	12
slib	1
9	1
harde bodem	1
10	2
zand	2
11	1

slib	1
12	9
slib	5
zand	3
mix	
zandhoudend slib	1
13	21
harde bodem	8
mix	
slibhoudend zand	6
zandhoudend slib	1
zand	6
14	5
mix	
slibhoudend zand	1
zandhoudend slib	1
zand	2
slib	1
Totaal	237



Figuur 2-13 Ligging van de 14 klassen in Q-space. Gelijkaardige kleuren duiden op akoestisch gelijkaardige eigenschappen.

2.5. Algemeen besluit: finale lithologische kaart

2.5.1. Keuze: 33x33_14 klassen, ongesuperviseerde classificatie

Als finale lithologische kaart voor 2009 wordt gekozen voor de ongesuperviseerde classificatiemethode, en dus voor de kaart met rectangle size 33x33 en 14 akoestische klassen. Deze kaart onderscheidt **5 lithologische klassen** i.p.v. slecht 3 bij de 33x33 gesuperviseerde kaart met 15 klassen. Bovendien is de uitbreiding van de verschillende klassen realistischer en is er geen bepaalde klasse die overheerst. Een vergelijking tussen beide kaarten wordt gegeven in Bijlage J.

Waarschijnlijk onderscheidt de ongesuperviseerde kaart meer lithologische klassen dan de gesuperviseerde omdat de volledige backscatter dataset gebruikt werd en daaruit de eigen catalogus bepaald. En werd niet de catalogus gebruikt, opgesteld op basis van een beperkte dataset die enkele maanden na de Beneden-Zeeschelde dataset is opgenomen.

In Bijlage K wordt de finale lithologische kaart van 2009 gepresenteerd. Hierbij zijn de akoestische klassen met eenzelfde lithologie samengenomen tot uiteindelijk 5 lithologische klassen. De eerste kaart toont een overzicht van de lithologie van de volledige Beneden-Zeeschelde. De volgende kaarten tonen telkens per sectiegebied de sedimentologische samenstelling van de Scheldebodem.

2.5.2. Beschrijving van de finale lithologische kaart

De vaargeul wordt typisch gekenmerkt door een harde bodem, en dan vooral in de buitenbochten van de rivier, waar de sterkste stroomsnelheden voorkomen en in het meest opwaartse gedeelte van de Beneden-Zeeschelde (tussen Rupel en Antwerpen) (Bijlage K). In de rechte stukken van de vaargeul (drempels) komt typisch zand en zandhoudend slib en slibhoudend zand voor. Een grote uitzondering is de rivierbocht ter hoogte van Royerssluis, waar in de buitenbocht van de vaargeul geen harde bodem, maar wel zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand voorkomt.

De binnenbochten van de Beneden-Zeeschelde worden meestal gekenmerkt door platen bestaande uit zand en een mengeling van zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand. Ook hier zijn er uitzonderingen. Zo wordt de Plaat van Boomke gekenmerkt door het voorkomen van harde bodem.

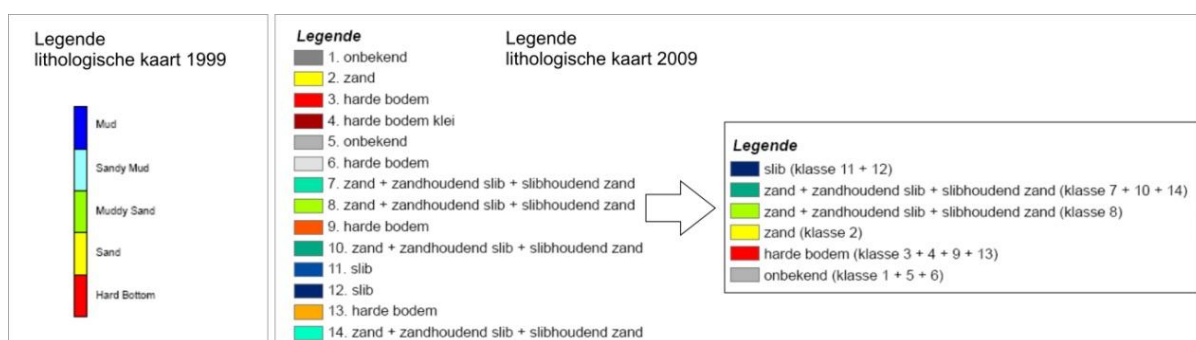
Harde bodems bestaan zowel uit zeer stevige Tertiaire klei als uit brokken klei, stevige brokken slib, schelpenmateriaal, plantenmateriaal en grind.

De toegangsgeulen naar de sluizencomplexen worden typisch gekenmerkt door de aanwezigheid van slib. Merkwaardig genoeg komen er ook grote zones zand voor. Dit resultaat dient echter met de nodige omzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Vermoedelijk speelt de hoge frequentie van de multibeam hier een rol, waardoor vooral de texturele kenmerken aan het oppervlak een rol spelen en in mindere mate de korrelgrootte.

2.6. Lithologische evolutie tussen 1999 en 2009

Om de evolutie van de sedimentsamenstelling van de Beneden-Zeeschelde doorheen de tijd te kunnen beschrijven, wordt naast de lithologische kaart van 2009, ook de kaart van 1999 (Wartel et al., 2000) getoond in Bijlage L.

Alvorens de lithologische kaarten van 1999 en van 2009 te vergelijken en te evalueren dienen twee belangrijke opmerkingen gemaakt te worden: (1) het basisprincipe voor de karakterisering van de bodemsedimenten is voor beide kaarten verschillend, dat wil zeggen dat voor de 1999-kaart uitgegaan werd van informatie bekomen uit een enkelvoudig laagfrequent akoestisch signaal van een echolood met loodrechte inval terwijl voor de 2009-kaart gebruik gemaakt werd van een meervoudig hoogfrequent signaal van een echolood met schuine inval; en (2) de catalogus die opgesteld werd om de bodemsedimenten te klasseren is voor beide kaarten verschillend zoals blijkt uit Figuur 2-14.

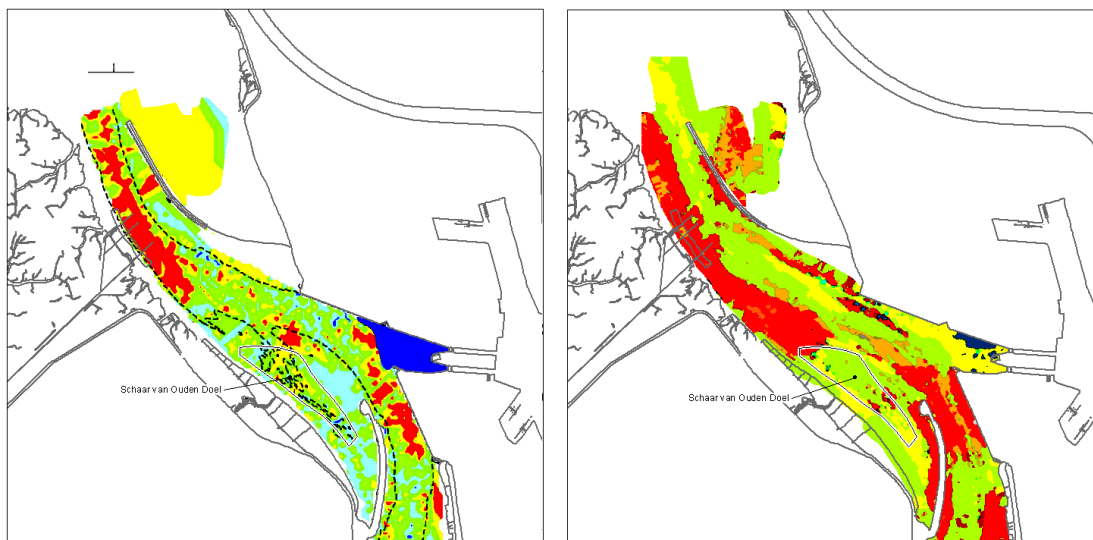


Figuur 2-14 Catalogus en legende voor de klassering van bodemsediment in de lithologische kaarten van 1999 en 2009.

Om de evolutie van de rivierbodem te interpreteren werden de lithologische kaarten van 1999 en van 2009 onderverdeeld in zes secties die onderling vergeleken en geëvalueerd werden. Merk op dat deze secties niet overeenkomen met de indeling van de Beneden-Zeeschelde in sectiekaarten, de grenzen zijn arbitrair gekozen.

Het voorkomen en de verbreiding van harde bodem, zand en klei op beide kaarten wordt besproken. De veranderingen tussen 1999 en 2009 in de gebieden met zandig slib en slibrijk zand kan niet behandeld worden omdat op de 2009-kaart een combinatie “zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand” gebruikt werd die niet dezelfde, of vergelijkbare informatie bevat.

2.6.1. Sectie 1 – Belgisch-Nederlandse grens tot Blauwgaren



Figuur 2-15 Lithologische kaarten 1999 (linkerzijde, Wartel et al., 2000) versus 2009 (rechter zijde) voor de sectie Belgisch-Nederlandse grens tot Blauwgaren (legende zie Figuur 2-14).

2.6.1.1. Harde bodem

In deze sectie komt op beide lithologische kaarten harde bodem voor in gelijkmatige oppervlaktes. Er dient nochtans op gewezen te worden dat de kleine geïsoleerde oppervlaktes met harde bodem op de 1999-kaart, in aaneengesloten oppervlaktes en met een grotere verbreiding voorkomen op de 2009-kaart. Dit is te wijten aan de verschillende opnametechniek, i.e. geïnterpoleerde singlebeam lijnen in 1999 versus gebiedsdekkende multibeam opnames in 2009. Het is ook duidelijk zichtbaar dat aan beide zijden van de strekdam van Doel, en aan het opwaarts deel van de strekdam van Ballastplaat het slibhoudend zand van de 1999-kaart geëvolueerd is tot harde bodem (Figuur 2-15).

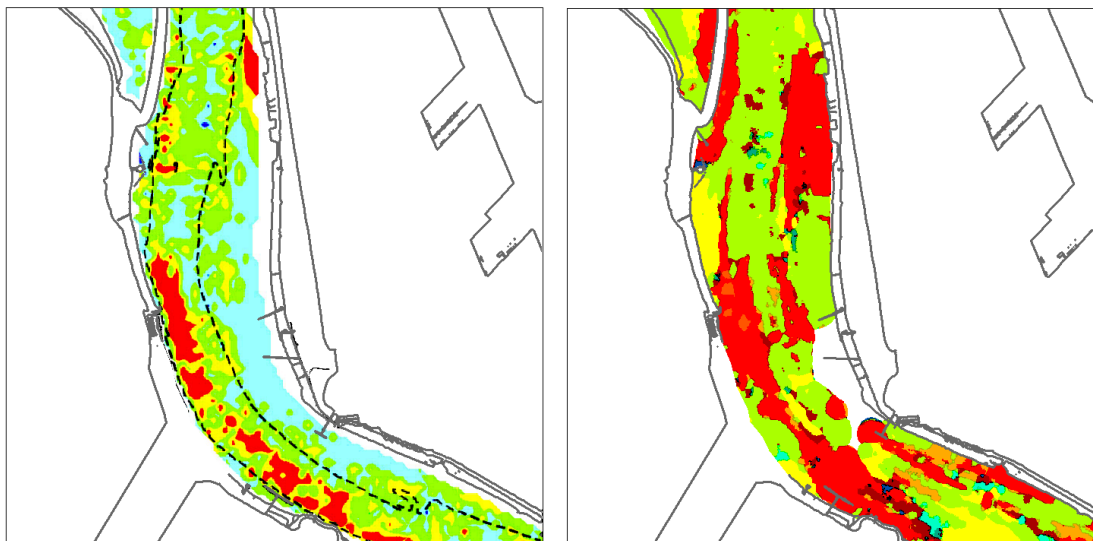
2.6.1.2. Zand

Naast grote oppervlaktes met harde bodem, die in deze sectie op beide lithologische kaarten aangetroffen worden, komen fragmentarisch zandoppervlaktes voor afwisselend met fragmenten slibrijk zand. Deze zandoppervlaktes komen meer aaneengesloten voor op de 2009-kaart. Een groot zand oppervlak ter hoogte van de Ballastplaat is geëvolueerd tot harde bodem (Figuur 2-15).

2.6.1.3. Slib

In het algemeen is er in deze sectie weinig slibbedekking op de bodem. Slib komt vooral voor in de toegangsgeulen tot de sluizen. Dit is het geval voor de 1999-kaart, maar op de 2009-kaart is te zien dat de toegangsgeulen tot de Berendrecht- en Zandvlietluis vooral met zand opgevuld zijn. Hier is zeker nader onderzoek noodzakelijk en dit resultaat dient met de nodige omzichtigheid geïnterpreteerd te worden (Figuur 2-15).

2.6.2. Sectie 2 – Blauwgaren tot Belgische Sluis



Figuur 2-16 Lithologische kaarten 1999 (linkerzijde, Wartel et al., 2000) versus 2009 (rechter zijde) voor de sectie Blauwgaren tot Belgische Sluis (legende zie Figuur 2-14).

2.6.2.1. Harde bodem

Op beide lithologische kaarten wordt deze sectie gekenmerkt door het voorkomen van harde bodem in de buitenbocht van de rivier (Figuur 2-16). Het sneller stromende water in dit diepere deel van de rivier zorgt voor erosie van het fijnere materiaal. De 'harde bodem'-oppervlakte op de 2009-kaart is groter dan op de 1999-kaart. Ook op het noordelijk deel van de Plaat van Lillo (aansluitend ten zuiden van de Europaterminal en RoRo kaai) is de uitbreiding van harde bodem groter op de 2009-kaart.

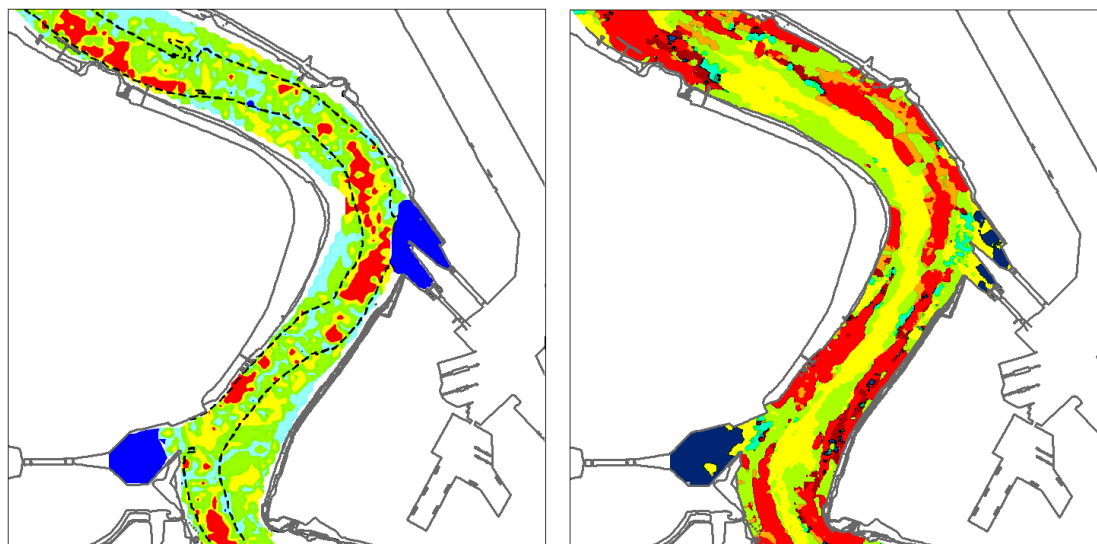
2.6.2.2. Zand

Het zandoppervlak in deze sectie beperkt zich op de 1999-kaart tot smalle stroken aan de zoom van harde bodem. Het grootste deel wordt ingenomen door zones slibhoudend zand en zandhoudend slib (Figuur 2-16). Op de 2009-kaart werden deze zones geïnterpreteerd als een aaneengesloten gebied van "zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand". Over de evolutie van de uitbreiding van zandhoudend slib en slibhoudend zand kan dus weinig gezegd worden.

2.6.2.3. Slib

Op de 2009-kaart komt slib in enkele kleine gefragmenteerde gebieden voor, waarschijnlijk in de depressies van grote zandduinen (Figuur 2-16). Deze fragmenten waren kleiner en minder talrijk op de 1999-kaart. Dit kan opnieuw te wijten zijn aan de verschillende opnametechniek, waarbij zeer kleine gebieden door de singlebeam opnames over het hoofd gezien werden.

2.6.3. Sectie 3 – Belgische Sluis tot Fort Filip



Figuur 2-17 Lithologische kaarten 1999 (linkerzijde, Wartel et al., 2000) versus 2009 (rechter zijde) voor de sectie Belgische Sluis tot Fort Filip (legende zie Figuur 2-14).

2.6.3.1. Harde bodem

In deze sectie is het voorkomen van harde bodem op beide kaarten 1999 en 2009 vergelijkbaar. De uitbreiding ervan is echter groter op de 2009-kaart. Opmerkelijk is ook dat in de binnenbocht, tegenover de Kallosluis (Plaat van de Parel) de 2009-kaart een harde bodem vertoont met lokale slibzones, daar waar op de 1999-kaart zand, slibhoudend zand en zandhoudend slib aanwezig is. Uit de stalen, genomen in deze regio (in 2009), blijkt echter dat de harde bodem hier bestaat uit vettig slib met veel schelpen en harde klei/slibbrokken. Het is dus vooral de textuur (schelpen, brokken) van de bodem die hier de signatuur van 'harde bodem' (sterke reflectie) bepaalt. Terwijl de matrix eigenlijk slibrijk is, wat verwacht wordt in een binnenbocht.

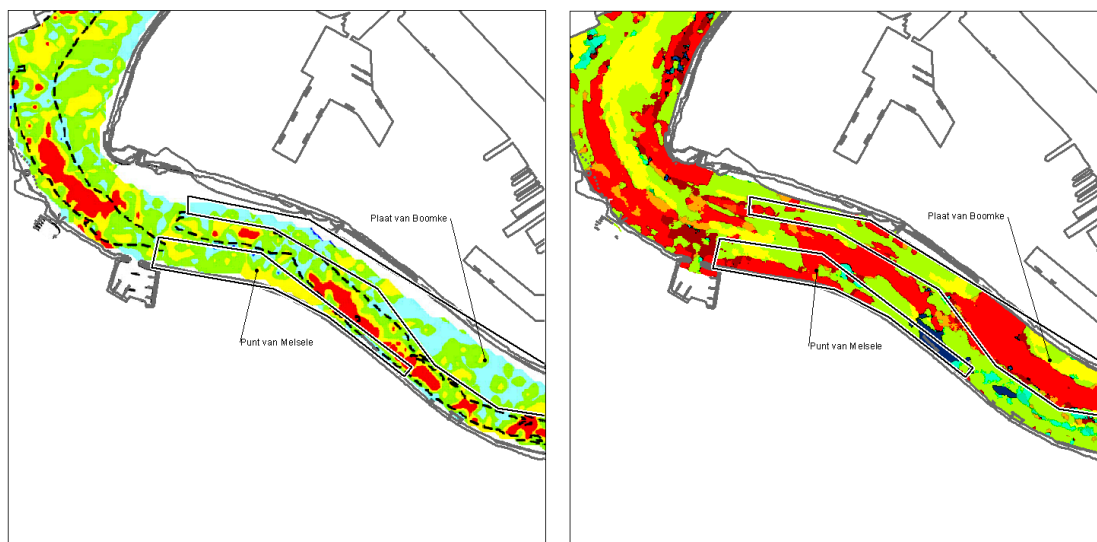
2.6.3.2. Zand

Alhoewel de zandbedekking op de 2009-kaart een groot aaneengesloten geheel vormt in tegenstelling tot het fragmentarisch voorkomen op de 1999-kaart, is algemeen genomen de verbreiding van zand op beide kaarten, 1999 en 2009, vergelijkbaar. Het voorkomen van zand in de toegangsgeulen tot de Boudewijn- en de Van Cauwelaertsluis wijkt sterk af van de slibbedekking die in 1999 waargenomen werd. Dit moet nader onderzocht worden en dient met grote omzichtigheid geïnterpreteerd te worden (Figuur 2-17).

2.6.3.3. Slib

Behalve slibafzetting in de toegangsgeulen tot de sluizen, komt op de 1999-kaart slib fragmentarisch voor in de rivier. Deze fragmenten zijn meer uitgesproken op de 2009-kaart. Het slib in de toegangsgeulen tot de Boudewijn- en de Van Cauwelaertsluis is beperkter op de 2009-kaart dan op de 1999-kaart (Figuur 2-17).

2.6.4. Sectie 4 – Fort Filip tot Boomke



Figuur 2-18 Lithologische kaarten 1999 (linkerzijde, Wartel et al., 2000) versus 2009 (rechter zijde) voor de sectie Fort Filip tot Boomke (legende zie Figuur 2-14).

2.6.4.1. Harde bodem

In deze sectie is de verbreiding van harde bodem veel groter op de 2009-kaart dan op de 1999-kaart. Opmerkelijk is dat er op de 1999-kaart in de vaargeul (in het uiterst westelijke deel van de figuur) harde bodem voorkomt, terwijl dit gebied op de 2009-kaart geïnterpreteerd wordt als 'zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand'. De harde bodem komt op die locatie op de 2009-kaart aan de binnenkant van de bocht voor, op Plaat van Boomke. Deze plaat wordt in principe gebruikt als stortplaats voor slibrijke baggerspecie, maar blijkbaar wordt heel veel materiaal onmiddellijk weggevoerd. De stalen genomen op Plaat van Boomke (in 2009) bestaan uit puur schelpenmateriaal en stevige klei/slibbrokken.

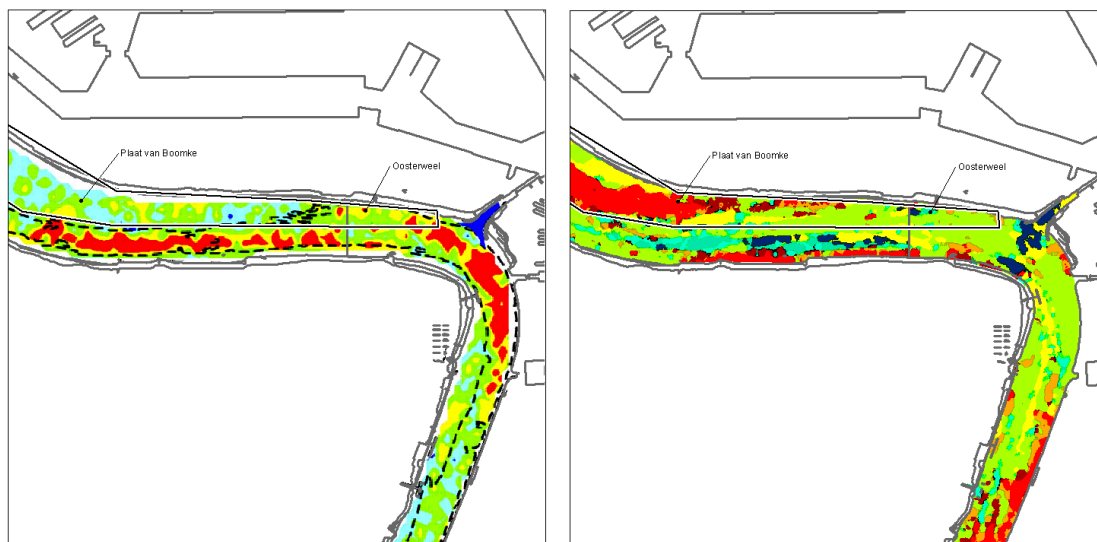
2.6.4.2. Zand

Naast zandafzetting toonde de 1999-kaart in deze sectie overwegend zandhoudend slib en slibhoudend zand. Op de 2009-kaart is een gedeelte van de zandbedekking van de 1999-kaart vervangen door harde bodem (bvb. ter hoogte van Punt van Melsele) en een aaneengesloten geheel van 'zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand' (Figuur 2-18).

2.6.4.3. Slib

De enkele fragmenten met slibafzetting van de 1999-kaart worden meer uitgesproken en hebben een grotere verbreiding op de 2009-kaart (Figuur 2-18).

2.6.5. Sectie 5 – Boomke to Royerssluis



Figuur 2-19 Lithologische kaarten 1999 (linkerzijde, Wartel et al., 2000) versus 2009 (rechter zijde) voor de sectie Boomke tot Royerssluis (legende zie Figuur 2-14).

2.6.5.1. Harde bodem

Er is een duidelijk verschil in oppervlakte harde bodem waar te nemen tussen de kaarten van 1999 en 2009. In 1999 komt harde bodem in de riviergeul voor, terwijl het op de 2009-kaart meer aan de oevers voorkomt, in ondieper water. Het is vooral opmerkelijk dat de harde bodem die in 1999 voorkwam in de buitenbocht ter hoogte van de Royerssluis, op de 2009-kaart overeenkomt met 'zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand'. Dit zou kunnen duiden op meer afzetting in de vaargeul in deze sectie. De zandhoudend slib en slibhoudend zand oppervlaktes die op de 1999-kaart voorkwamen aan de rechteroever afwaarts van de Royerssluis zijn in 2009 gedeeltelijk vervangen door een harde bodem oppervlak (Figuur 2-19).

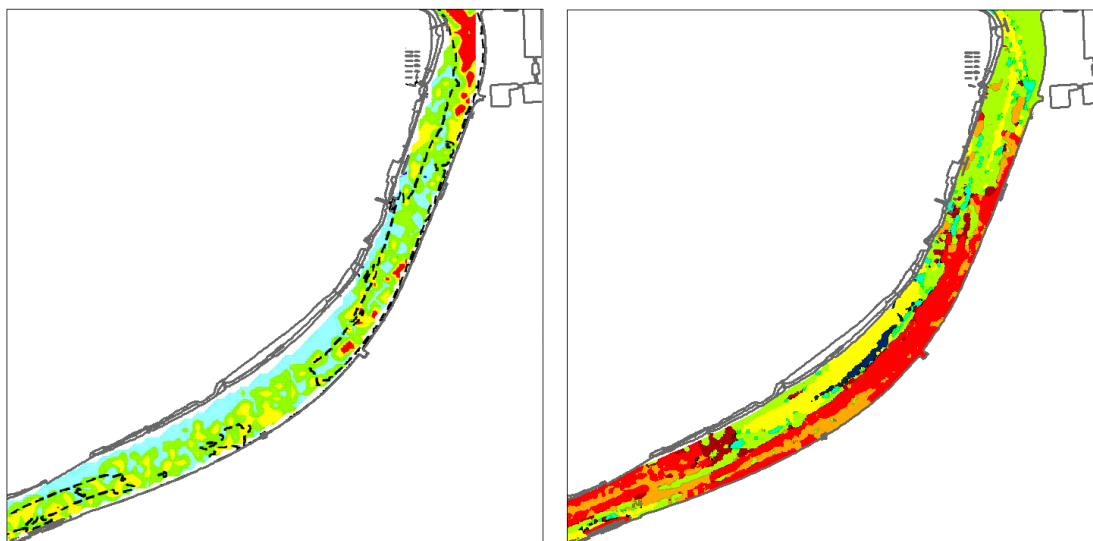
2.6.5.2. Zand

De verbreiding van zand zoals waargenomen in 1999 werd gedeeltelijk vervangen door 'zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand' op de 2009-kaart. Men bemerkt wel een uitbreiding van de zand oppervlakte in het midden van de riviergeul (Figuur 2-19).

2.6.5.3. Slib

De enkele kleine slib fragmenten die in deze sectie op de 1999-kaart zichtbaar waren hebben een duidelijker en meer uitgebreid voorkomen op de 2009-kaart, vooral in de vaargeul naast Plaat van Boomke (Figuur 2-19).

2.6.6. Sectie 6 – Royerssluis tot Burcht



Figuur 2-20 Lithologische kaarten 1999 (linkerzijde, Wartel et al., 2000) versus 2009 (rechter zijde) voor de sectie Royerssluis tot Burcht (legende zie Figuur 2-14).

2.6.6.1. Harde bodem

Het voorkomen van harde bodem op de lithologische kaart van 1999 is onbeduidend. Op de 2009-kaart daarentegen beslaat het bijna de volledige vaargeul in de buitenbocht van de rivier (Figuur 2-20). Dit duidt waarschijnlijk op een erosietoename in de vaargeul of een vergroving van het beschikbare materiaal tussen 1999 en 2009.

2.6.6.2. Zand

Waar op de 1999-kaart zand vooral voorkwam in de vaargeul, is het in 2009 eerder beperkt tot een grote zone aan de binnenbocht (Figuur 2-20).

2.6.6.3. Slib

Op de lithologische kaart van 1999 werd in deze sectie geen duidelijke slibbedekking waargenomen. Daarentegen komt slib in een (dieper gelegen) langgerekte zone voor naast het zand in de binnenbocht op de kaart van 2009 (Figuur 2-20). Deze langgerekte zone komt overeen met een reeks zandduinen (zie morfologische kaart Rede van Antwerpen). Het is onduidelijk of deze morfologie de akoestische interpretatie verstoord heeft, of dat er wel degelijk slib (tijdelijk) voorkomt in de dalen tussen de duinen.

2.7. Relatie penetratie-backscatter akoestisch signaal en sedimenteigenschappen

De penetratie van een akoestisch signaal in de bodem wordt beïnvloed door een aantal factoren waaronder de frequentie en de energie van het uitgezonden signaal, de invalshoek, sedimenteigenschappen zoals korrelgrootteverdeling, porositeit of dichtheid, mineralogische samenstelling, gelaagdheid, de bodemmorfolgie (o.a. microschaal ruwheid), de compactheid en in situ schuifspanningen (Chen et al. 2007).

Volgens Blondel en Murton (1997) wordt de backscatter -in volgorde van afnemend belang bepaald door:

1. De geometrie van het sensor-target systeem (invalshoek, locale helling, etc.). Bij multibeam data wordt hiervoor gecompenseerd (niet bij side-scan sonar).
2. De fysische eigenschappen van het bodemoppervlak (microschaal ruwheid, etc.)
3. De intrinsieke natuur van het oppervlak (samenstelling, densiteit, relatieve invloed van volume versus oppervlakkige diffusie/scattering bepaald door de sonar frequentie).

De belangrijkste parameters die de akoestische response van de sedimenten zelf bepaald zijn in volgorde van afnemend belang:

1. Korrelgrootte en verdeling ervan
2. Graad en type van lithificatie
3. Overburden stress
4. Densiteit
5. Porositeit

De configuratie van het bodemsediment, met inbegrip van het dichtheidsprofiel, de bodemstructuur en de korrelgrootteverdeling, van de zes referentiezones, vermeld in voorgaande paragrafen, kan informatie opleveren over een mogelijk doordringen van akoestische signalen in de bodem. De sediment bulk dichtheidsprofielen en radiografische analyses van bodemsedimenten van de zes bodemtypes tonen de aanwezigheid aan van verschillende sedimentlagen onder het water-sediment scheidingsvlak. Het akoestisch signaal zal reflecteren op dit water-sediment scheidingsvlak maar een deel van de akoestische energie zal in de bodem doordringen en kan reflecteren op het scheidingsvlak tussen twee lagen wanneer deze een uitgesproken verschil in akoestische impedantie vertonen.

Tijdens de calibratiecampagne werd een singlebeam echolood met twee verschillende frequenties, respectievelijk 210 en 33 kHz, gebruikt. De energie van het signaal met hoge frequentie (210 kHz) wordt in water evenals in het sediment geabsorbeerd maar heeft het voordeel te reflecteren op het scheidingsvlak van lagen met een lage dichtheid die slechts een klein verschil in dichtheid vertonen. Zo zal de energie van het signaal met hoge frequentie (210 kHz) reflecteren op het scheidingsvlak tussen water (dichtheid tussen ca. 1.01 en 1.03 kg m⁻³) en vloeibaar slib (dichtheid tussen ca. 1.05 en 1.3 kg m⁻³). De energie van het signaal met lagere frequentie (33 kHz) wordt minder geabsorbeerd in water en kan dus in zekere mate doordringen onder het water-sediment scheidingsvlak, maar het zal niet reflecteren op het scheidingsvlak tussen water en vloeibaar slib. Het gebruik van een echolood met dubbele frequentie kan dus informatie opleveren van zowel lagen met een lage dichtheid (vloeibaar slib) als van lagen met een hoge dichtheid (zand en kleilagen) in de bodem.

Zowel de bodemstructuur als de mogelijke penetratie van akoestische signalen kan afgeleid worden uit de echogrammen en uit de dichtheidsprofielen en radiografieën van kernen (Bijlage D). De mogelijke maximum penetratie van het 33 kHz signaal in de sedimenten van de zes bodemtypes is samengevat in Tabel 2-18. Hierin wordt verondersteld dat het signaal niet dieper zal gaan dan het eerste scheidingsvlak dat het ontmoet en dat het niet zal doordringen in sedimentlagen met een dichtheid groter dan ca. 1.8 kg m⁻³. Het gekozen referentievlak is het scheidingsvlak tussen het vloeibaar slib en de onderliggende zandbodem voor referentiezone D1 en het scheidingsvlak tussen water en het sediment voor de overige vijf referentiezones (D2-D5). Uit de tabel blijkt dat nergens een significante doordringing te verwachten is.

Hieruit kan besloten worden dat ook het akoestisch signaal van de gebruikte multibeam echosounder (300 kHz) niet zal doordringen in de bodem. De backscatter signatuur zal enkel bepaald worden door de eigenschappen van het water-bodem of het water-vloeibaar slib contact (ruwheid, korrelgrootte en verdeling ervan), en niet door de eigenschappen van het onderliggende sedimentvolume. Enkel bij een sonar frequentie van minder dan 50 kHz kan volume backscatter betekenisvol zijn (QTC MULTIVIEW manual, 2007).

Ferrini en Flood (2006) onderzochten de relatie tussen de backscatter intensiteit van een 300 kHz multibeam, en de korrelgrootteverdeling en bodemruwheid in een zandige omgeving. Er werd een correlatie gevonden tussen ruwheid, korrelgrootte en backscatter intensiteit, maar de relatieve belangrijkheid van de factoren varieerde per locatie. De belangrijkste variabelen die bijdragen tot backscatter verschillen zijn mediane korrelgrootte, standaard deviatie op de korrelgrootte (sortering) en hoogteverschillen afgeleid uit gedetailleerde ruwheidskaarten. Volgens hen is dat laatste cruciaal, maar dit vergt hoge kwaliteitstandaarden van de multibeam campagne. Voor meer grindrijke omgevingen beïnvloedt het percentage grind en schelpen zeer sterk de backscatter intensiteit.

Tabel 2-18 Mogelijks maximum penetratiediepte van het 30 kHz signaal voor de zes bodemtypes.

2010 - Site	core number	possible maximum penetration depth (30 kHz)
mud bottom – calibration site 1	all cores	0 cm
hard bottom – calibration site 2	D2-B1	< 5 cm
sandy mud bottom – calibration site 3	D3-B1	4 cm
	D3-B2	2 cm
	D3-B5	< 1 cm
	D3-B6	< 1 cm
muddy sand bottom – calibration site 4	D4-B1	0 cm
	D4-B2	0 cm
	D4-B3	0 cm
	D4-B4	0 cm
	D4-B5	0 cm
	D4-B6	0 cm
sand bottom – calibration site 5	D5-B1	0 cm
	D5-B3	0 cm
	D5-B4	< 0.5 cm
	D5-B5	< 1 cm
	D5-B6	0 cm
	D5-R3	0 cm

3. GEOMORFOLOGISCHE KAART



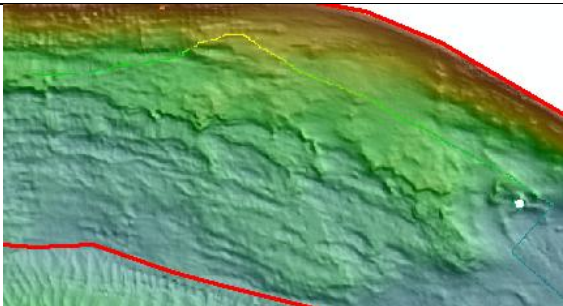
3.1. Algemeen

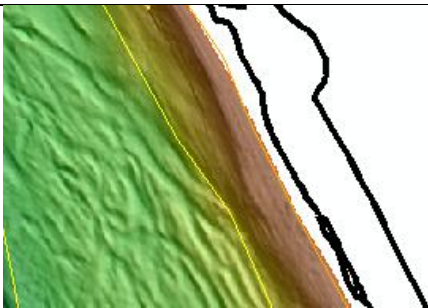
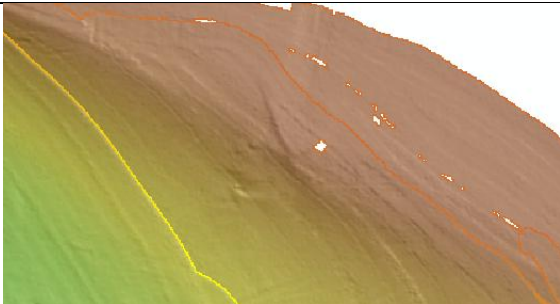
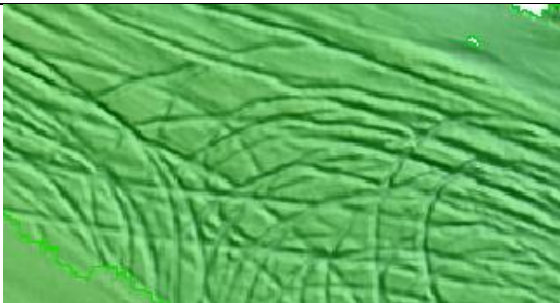

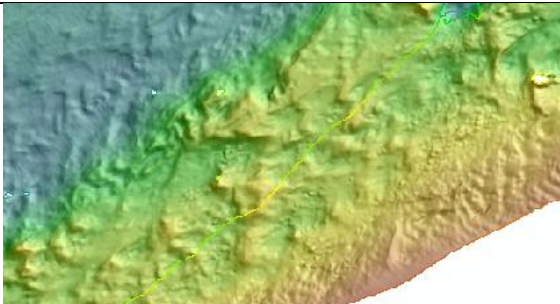
Akoestische afstandswaarnemingen werden gebruikt om de bodemtopografie te detecteren en morfologisch te interpreteren. Uit de vergelijking van side-scan sonar (SSS) en multibeam (MB) data van acht zones gelegen in de Beneden-Zeeschelde is gebleken dat MB data veel meer geschikt zijn om de morfologie gedetailleerd te bekijken (cf. Deelrapport 1: Technisch rapport I/RA/11341/10.011/MIM). Hierna volgt een korte beschrijving over de manier waarop de geomorfologische kaart werd opgesteld op basis van de multibeam bathymetrische data en hoe ze verschilt met de geomorfologische kaart van 1999.

3.2. Methodologie interpretatie van multibeam

De negen morfologische structuren die herkend werden op de 1999 geomorfologische kaart – gebaseerd op SSS data- werden gereduceerd tot zeven morfologische eenheden (Tabel 3-1). Omdat aan de hand van bathymetrische MB data geen onderscheid kan gemaakt worden tussen baggersporen op zand of slib, werden beide klassen samengenomen in één klasse: 'baggersporen'. De laterale uitbreiding van de morfologische eenheid 'groeven' was zo klein op de 1999 kaart, dat ze niet in acht werd genomen.

Tabel 3-1 De zeven geïdentificeerde morfologische eenheden op de 2009 morfologische kaart.

Legendenaam	Voorbeeld morfologische eenheid
<p>Grote duinen</p> <p>(H= 75 cm – 5 m; λ= 10 m – 100 m):</p> <p>De hoogte werd gemeten als het verschil tussen het laagste punt in het dal en het hoogste punt op de kam van de duin.</p>	
<p>Kleine tot middelgrote duinen</p> <p>(H= 7,5 cm – 75 cm; λ= 60 cm – 10 m)</p> <p>De hoogte werd gemeten als het verschil tussen het laagste punt in het dal en het hoogste punt op de kam van de duin.</p>	
<p>Afglijdingen</p> <p>Wanneer sediment zich in parallelle pakketten naar de vaargeul beweegt, spreekt men van afglijdingen. In vergelijking met kliffen is er een kleiner hoogteverschil en zijn de hoogteveranderingen minder abrupt.</p>	

Legendenaam	Voorbeeld morfologische eenheid
<p>Klifjes</p> <p>Kliften kunnen omschreven worden als abrupte veranderingen in het bodemprofiel. Ze lopen parallel aan de vaargeul en kunnen enkel honderden meters lang zijn. Kliften vinden hun oorsprong in de differentiële erosie van de bodemlagen. De hardere lagen zullen meer resistent zijn tegen waterkracht dan de zachtere formaties.</p>	
<p>Structuurloos bodemoppervlak</p> <p>Deze klasse wordt gekenmerkt door het ontbreken van enige morfologische structuur.</p>	
<p>Baggersporen</p> <p>Zones waar baggerwerken hebben plaatsgevonden kunnen worden geïdentificeerd door de talrijke aanwezigheid van baggersporen die kriskras door elkaar lopen.</p> <p>Oude baggerzones, waarbij de baggermorfologie ondertussen werd vervormd door natuurlijke processen (bvb. duinvorming), werden benoemd naar de klasse van de overheersende morfologische kenmerken.</p>	 
<p>Onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuring</p> <p>Onregelmatige structuren worden gekarakteriseerd door grillige driedimensionale structuren (o.a. putten) die het gevolg zijn van het heersende hydrodynamische regime (natuurlijk) of van baggerwerken of zandwinning (antropogeen). Het zijn structuren die niet onder één van de andere legende klassen vallen.</p>	

3.3. Beschrijving geomorfologische kaart 2009

De finale geomorfologische kaart wordt getoond in Bijlage M. De eerste kaart toont een overzicht van de morfologische structuren van de volledige Beneden-Zeeschelde. De volgende kaarten tonen telkens per sectiegebied de bathymetrie (op basis van multibeam) en de morfologische interpretatie ervan. Naast de zes Belgische sectiekaarten wordt ook de Nederlands sectiekaart Bath-Saeftinghe getoond.

De bedding van een rivier is maar zelden vlak en uniform. Aangezien stromend water in staat is om sediment deeltjes te verplaatsen zal het de bedding van de rivier vorm geven in overeenstemming met de stroomsterkte, eigenschappen van de deeltjes, fysische toestand van de bodem (los, compact, hard, aaneengekit) enzovoort. Naast een natuurlijke bio-fysische evolutie kunnen ook antropogene activiteiten de vorm van de rivierbedding beïnvloeden.

Hierna zal het voorkomen van de zeven morfologische eenheden beschreven worden.

3.3.1. Grote duinen

Grote duinen zijn hoger dan 0.75 m en hebben een golflengte die varieert tussen 10 en 100 m. Deze duinen ontstaan bij hoge gemiddelde watersnelheden (boven 1.5 m s⁻¹) die normaal alleen voorkomen bij springtij. In de Beneden-Zeeschelde zijn grote duinen meestal overdekt met kleine tot middelgrote duinen. Zij komen voor in de diepere delen van de rivierbedding (beneden de 10 m dieptelijn). Grote duinen worden voornamelijk waargenomen in de Westerschelde, zeewaarts van Bath, het bovenste gedeelte van de rede van Antwerpen en het gebied tussen Hoboken en de Rupelmonding. Wat dit laatste gebied betreft dient opgemerkt te worden dat de SSS niet alle duinen weergaf die opgemerkt werden met de MB methode.

3.3.2. Kleine tot middelgrote duinen

Kleine tot middelgrote duinen, met een hoogte kleiner dan 0.75 m en een golflengte kleiner dan 10 m komen voor in het ganse bestudeerde gebied van de Beneden-Zeeschelde. Hun voorkomen is onafhankelijk van de waterdiepte. Kleine tot middelgrote duinen werden waargenomen in een groot gebied tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Bath, in een smalle band (50 tot 100 m breed) tussen het Deurganckdok en Lillo, in een groter gebied tussen Meestooft en Boerenschans en tenslotte in een eerder smalle band (minder dan 50 m breed) tussen Boomke en Hoboken.

3.3.3. Afglijdingen

Afglijdingen komen frequent lateraal voor langsheen de hele rivierbedding van de Schelde. Aangezien afglijdingen het gevolg zijn van een steiler worden van de hellingen als gevolg van ofwel snelle sedimentatie op de laterale delen van de rivier ofwel door een verdiepen van de rivierbedding is deze morfologische structuur gerelateerd aan en een indicatie van de sedimentdynamiek in de rivier. De herkenning van afglijdingen is dan ook belangrijk omwille van de rol die ze vervullen in het globale sedimenttransport.

3.3.4. Klifjes

Klifjes worden aangetroffen op plaatsen waar erosie overheerst en waar het bodemsediment een gelaagde structuur vertoont bestaande uit afwisselend losse zand- en compacte kleilaagjes. Klifjes werden op enkele plaatsen waargenomen: (1) langsheen de linkerzijde van de Beneden-Zeeschelde, namelijk langsheen het Verdrongen Land van Saeftinghe, (2) langsheen de rechterzijde van de rivier in de buitenbocht zowel stroomop- als stroomafwaarts van de Boudewijnsuis, (3) in de binnenbocht tegenover de Kallosuis, (4) langsheen de buitenbocht stroomopwaarts van de Royerssluis en (5) in een klein en smal gebied in de buurt van Hoboken.

3.3.5. Structuurloze oppervlaktes

In het bestudeerde gebied van de Beneden-Zeeschelde zijn grote oppervlaktes van de rivierbedding akoestisch structuurloos, iedere vorm van morfologie ontbreekt. Structuurloze oppervlaktes komen voornamelijk voor tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Kallo. Ze zijn niet beperkt tot de diepere delen van de rivier (onder de 10 m dieptelijn) maar komen ook frequent voor in de ondiepere delen. Vooral stroomopwaarts van Kallo worden structuurloze

oppervlaktes aangetroffen in de ondiepere delen. Er dient opgemerkt te worden dat structuurloze oppervlaktes meestal voorkomen in de buurt van oppervlakte met onregelmatige structuur.

3.3.6. Onregelmatige structuren

Sommige morfologische verschijnselen zijn niet toe te schrijven aan een of andere gekende morfologische vorm. Zij zijn onregelmatig en mogelijks het resultaat van ofwel een natuurlijk hydrologisch of sedimentair proces ofwel van een menselijk ingrijpen zoals baggeren of onderhoudswerken in het estuarium. Zij worden voornamelijk waargenomen in de diepere delen van de rivier en tussen gebieden met kleine tot middelgrote duinen.

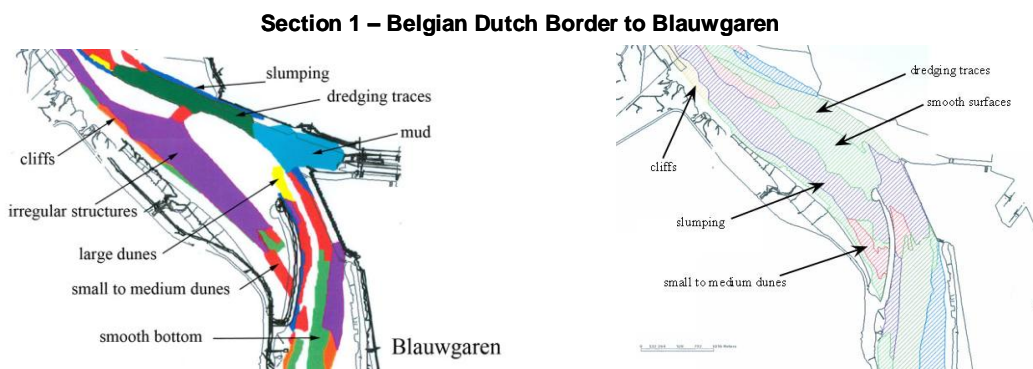
3.4. Geomorfologische evolutie tussen 1999 en 2009

Om de evolutie van de morfologie van de Beneden-Zeeschelde doorheen de tijd te kunnen beschrijven, wordt naast de geomorfologische kaart van 2009, ook de kaart van 1999 (Wartel et al., 2000) getoond in Bijlage N.

Het estuarium van de Schelde is een zeer dynamisch gebied onderhevig aan antropogene invloeden zoals onderhoudsbaggerwerken in de vaarwegen en in havens. In zulke snel wisselende omgeving, waarin de mens bovendien intens ingrijpt, is het niet eenvoudig om de oorzaken van een geomorfologische evolutie over een tienjarige periode, van 1999 tot 2009, te achterhalen. Desondanks wordt hier een poging ondernomen om, aan de hand van de geomorfologische kaarten van 1999 en 2009, de evolutionaire trend te evalueren.

Een aantal geomorfologische evolutionaire trends worden geïllustreerd aan de hand van 8 verschillende secties van het Schelde estuarium. Hierbij dient wel voor ogen gehouden te worden dat in 1999 de bedekking van de side-scan sonar onvolledig was. Merk op dat de 8 secties hierna beschreven niet overeenkomen met de 8 testgebiedjes waar SSS en MB vergeleken werd. De gebieden komen evenmin overeen met de indeling van de Beneden-Zeeschelde in sectiekaarten.

3.4.1. Sectie 1 – Belgisch-Nederlandse grens tot Blauwgaren

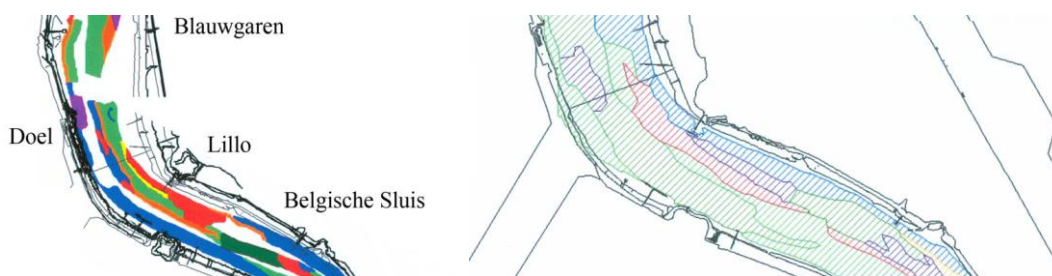


Figuur 3-1 Geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 voor de sectie Belgisch-Nederlandse grens tot Blauwgaren.

Op beide kaarten zijn baggersporen, onregelmatige structuren en structuurloze oppervlaktes de meest opvallende morfologische verschijnselen (Figuur 3-1). Kleine tot middelgrote duinen komen talrijker voor op de kaart van 1999 dan op deze van 2009. Een deel van deze duinen werd in 2009 vervangen door baggersporen.

3.4.2. Sectie 2 – Blauwgaren tot Belgische Sluis

Section 2 – Blauwgaren to Belgische Sluice

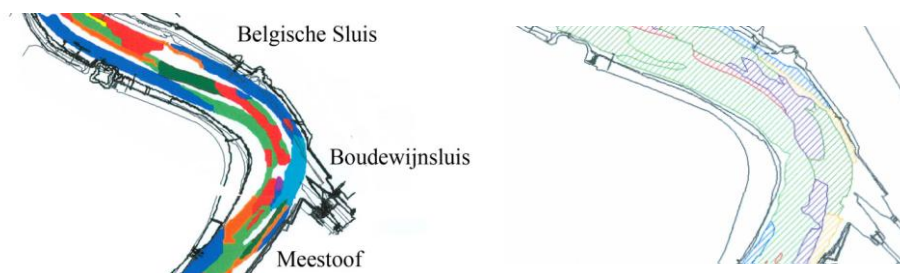


Figuur 3-2 Geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 voor de sectie Blauwgaren tot Belgische Sluis

In the sectie tussen Blauwgaren en Belgische Sluis werden in 1999 vijf geomorfologische eenheden geïdentificeerd (Figuur 3-2). Kleine tot middelgrote duinen, naast enkele grote duinen waren de overheersende morfologische structuren in deze zandige omgeving van de hoofdgeul. Op sommige plaatsen maakten de zandduinen plaats voor duidelijk zichtbare baggersporen. Longitudinale klifjes werden waargenomen aan beide zijden van de stroomgeul, wat wees op een actieve erosie van de rivierwanden. Men kon ook opmerken dat, waar de klifjes onderbroken werden, afglijdingen voorkwamen die dikwijls overgingen in grote structuurloze oppervlaktes. Na tien jaar, in 2009, vertoonde de geomorfologie een gelijkaardig patroon (Figuur 3-2). Kleine tot middelgrote duinen vormen de overheersende morfologie van de stroomgeul. Net als in 1999 komen grote structuurloze oppervlaktes voor. Aan beide zijden van de stroomgeul overheersen afglijdingen en komen klifjes voor langsheen de steilere hellingen. De oppervlakte ingenomen door klifjes is in 2009 kleiner en komt meer stroomopwaarts voor dan in 1999. Dit zou er kunnen op wijzen dat de laterale erosie in 2009 afgenomen is ten opzichte van de situatie in dit gebied in 1999. Het is ook belangrijk op te merken dat in 2009 geen baggersporen werden gevonden. Mogelijks ziet men hier een verband tussen de aanwezigheid van klifjes en baggeractiviteit.

3.4.3. Sectie 3 – Belgische Sluis tot Meestoof

Section 3 – Belgische Sluice to Meestoof

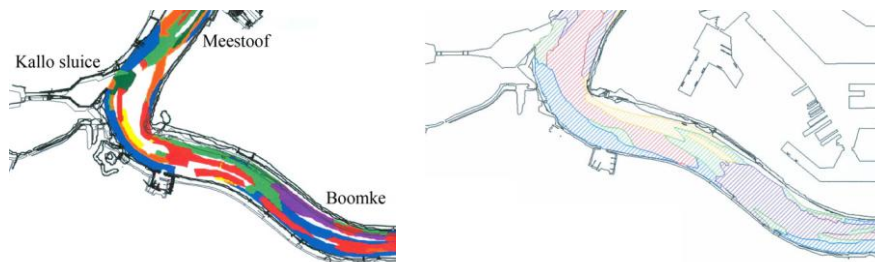


Figuur 3-3 Geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 voor de sectie Belgische Sluis tot Meestoof

In dit gebied tussen de Belgische Sluis en Meestoof hebben de voornaamste geomorfologische structuren maar weinig verandering ondergaan en worden overheerst door kleine tot middelgrote duinen en afglijdingen. Het voornaamste verschil tussen deze sectie en de voorgaande sectie 2 is de plaats waar klifjes voorkomen. In 2009 was dit hoofdzakelijk langs de rechterzijde van de stroomgeul (Figuur 3-3).

3.4.4. Sectie 4 – Meestoof tot Boomke

Section 4 – Meestoof to Boomke



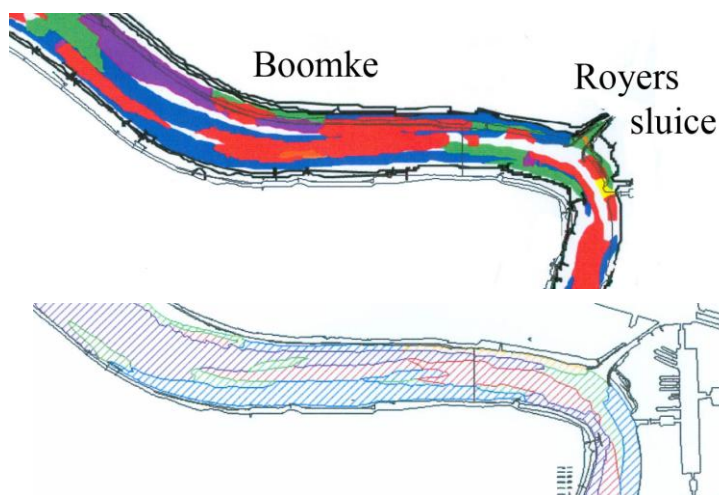
Figuur 3-4 Geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 voor de sectie Meestoof tot Boomke

De algemene bodemmorfolgie in het gebied Meestoof tot Boomke vertoont geen belangrijke verschillen tussen de opname van 1999 en deze van 2009 (Figuur 3-4). De belangrijkste waargenomen verandering was een toename van de oppervlakte ingenomen door afglijdingen en een afname van de oppervlakte met kleine tot middelgrote duinen. De grote duinen die stroomopwaarts van Kallo voorkwamen in 1999 werden niet meer opgemerkt in 2009.

3.4.5. Sectie 5 – Boomke tot Royerssluis

In deze sectie vertonen de geomorfologische kaarten van 1999 en van 2009 een zeer vergelijkbare morfologische configuratie (Figuur 3-5). In 1999 was de stroomgeul bedekt met kleine tot middelgrote duinen en kwamen algemeen afglijdingen voor aan beide zijden van de geul. Er werden geen klifjes waargenomen. De ondiepe gedeelten van de rivier, bedekt met duinen, ging stroomopwaarts geleidelijk over in een structuurloze oppervlakte. In 2009 gaat een centraal gebied, overwegend bedekt met duinen, lateraal over in een helling met afglijdingen. Op sommige plaatsen is er een geleidelijke overgang van duinen naar een structuurloze oppervlakte. Het is ook duidelijk dat de gebieden met kleine en middelgrote duinen in 2009 opmerkelijk smaller geworden zijn dan in 1999. Er kan ook opgemerkt worden dat in 2009 klifjes prominent aanwezig zijn aan de linkerzijde van de stroomgeul.

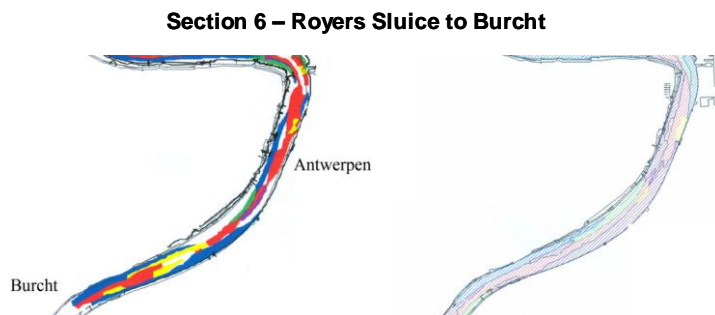
Section 5 – Boomke to Royers Sluice



Figuur 3-5 Geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 voor de sectie Boomke tot Royerssluis

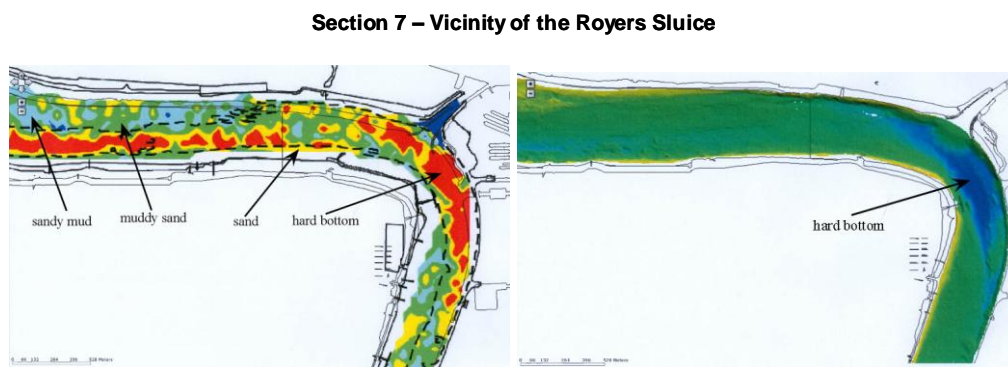
3.4.6. Sectie 6 – Royerssluis tot Burcht

Deze sectie is gelegen in de buurt van Antwerpen (Figuur 3-6). De bodemmorfolgie bestaat overwegend uit kleine tot middelgrote duinen afgewisseld met enkele gebieden stroomopwaarts van Antwerpen (Burcht) waar grote duinen voorkomen. Afglijdingen komen voor aan beide zijden van de stroomgeul. Met uitzondering van vrij grote oppervlaktes met onregelmatige structuren in 2009 vertoont de geomorfologie geen significante verschillen tussen de opname in 1999 en deze in 2009.



Figuur 3-6 Geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 voor de sectie Royerssluis tot Burcht

3.4.7. Sectie 7 – voorkomen van harde bodems in de omgeving van de Royerssluis.



Figuur 3-7 Voorkomen van harde bodems in 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 in de omgeving van de Royerssluis.

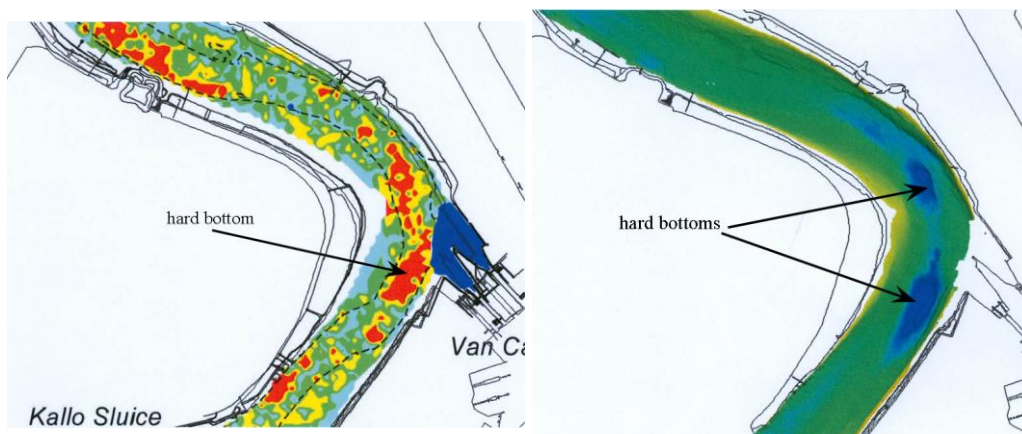
In 1999 (Wartel et al., 2000), werd op de lithologische kaart een speciale klasse voorzien voor de aanwezigheid van harde bodems om de aanwezigheid van relict sedimenten aan te duiden. Deze klasse is in feite een mengeling van lithologische en morfologische fenomenen en behoort als dusdanig tot beide kaarten.

De harde bodem morfologie werd toen herkend op basis van drie criteria, (1) ze kwamen meestal voor als structuurloze oppervlaktes; (2) ze vertoonden een zeer sterke reflectie van het 30 kHz signaal; en (3) ze waren niet penetreerbaar door de 200 kg zware lithoprobe of slechts matig penetreerbaar door de 1500 kg zware box corer. Ze kwam steeds voor in de buitenbochten van de rivier en in dieptes groter dan 10 m. Ze bestond uit een dagzomend Tertiair substratum (zand of klei) en was overdekt met een relatief dunne laag relict grind, soms met zeer veel fossiele schelpen, grindhoudend zand of zand. Meer specifiek bestaat in de buurt van de Royerssluis het toenmalig dagzomende Tertiair uit Boomse Klei (Rupeliaan, Mioceen) zoals waargenomen in referentiezone D2.2.

Op de geomorfologische kaart van 2009 komt nog steeds een duidelijke uitschuring voor in de vaargeul, maar lithologisch wordt deze regio nu gekenmerkt door 'zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand' (Figuur 2-19).

3.4.8. Sectie 8 - voorkomen van harde bodems in de nabijheid van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis.

Section 8 – Vicinity of the Kruisschans Sluice



Figuur 3-8 Voorkomen van harde bodems in 1999 (Wartel et al. 2000) versus 2009 in de omgeving van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis.

De harde bodem morfologie is ook waargenomen ondermeer in de omgeving van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis en dit zowel bij de kartering in 1999 als in 2009. In dit gebied bestaan de harde bodems waarschijnlijk uit dagzomende zandbanken van de Merksem formatie (Tertiair, Pliocene) beschreven tijdens de graafwerken aan de sluizen.

4. ALGEMEEN BELUIT EN ADVIEZEN NAAR DE TOEKOMST TOE

4.1. Multibeam is meest geschikte techniek voor opstellen lithologische en geomorfologische kaart

Voor het opmaken van de lithologische kaart van 1999 werd een singlebeam echosounder gebruikt en voor de geomorfologische kaart een side-scan sonar. In het kader van dit project werd nagegaan of het mogelijk is zowel een lithologische als een geomorfologische kaart te creëren op basis van multibeam sonar data die tegenwoordig regelmatig opgenomen worden door de Vlaamse Hydrografie op de Beneden-Zeeschelde.

Uit de vergelijking van side-scan sonar (SSS) en multibeam (MB) data van een aantal zones in de Beneden-Zeeschelde is gebleken dat multibeam bathymetrische data veel beter geschikt zijn voor het opstellen van een geomorfologische kaart dan side-scan sonar data, die vroeger gebruikt werden (Wartel et al., 2000).

SSS data geven een gedetailleerd fotografisch beeld van de bodem, maar bevatten geen bathymetrische gegevens (Kenny et al., 2003). Op SSS data worden morfologische structuren, zoals duinen, kliffen of geulen, afgeleid uit verschillen in backscatter intensiteit. Sterke backscatter kan duiden op een oriëntatie van de zeebodem gericht naar het opnametoestel, terwijl zwakke reflectie of het ontbreken ervan kan duiden op een oriëntatie weg van het toestel. Deze intensiteitsverschillen kunnen bij SSS echter ook een gevolg zijn van faciesverschillen. Bvb. slib absorbeert sterk energie en zal eveneens een zwakke backscatter geven, terwijl zand de energie sterk weerkaatst. Waar op MB data duidelijk diepteverschillen kunnen afgelezen worden, worden op SSS data kleurschakeringen soms verkeerdelijk geïnterpreteerd als faciesverschillen van een verder structuurloze bodem. De hoogtes en golflengtes van duinstructuren kunnen bovendien eenvoudiger en nauwkeuriger afgemeten worden op MB data. Op SSS data worden hoogtes van structuren berekend op basis van de lengte van de schaduwen en de hoogte van het opnametoestel boven de bodem.

Ook voor het opstellen van een lithologische kaart is SSS minder geschikt dan MB. Ook al geeft SSS heel mooie gedetailleerde beelden van de ondergrond, akoestische backscatter variaties ten gevolge van bodemreliëf kunnen er niet uitgehaald worden en dus niet onderscheiden worden van faciesverschillen. De helling van het vlak waarop het signaal invalt bepaalt hoe sterk het signaal zal teruggekaatst en/of gereflecteerd worden. Daar MB data wel bathymetrische gegevens bevat, kunnen deze hiervoor wel gecompenseerd worden, bovendien worden data waarvan de 'grazing angles' te scherp of te loodrecht zijn verwijderd.

4.2. Adviezen naar de toekomst voor het verbeteren van de lithologische en geomorfologische kaart

4.2.1. Multibeam opnames verbeteren

4.2.1.1. Gebruik van lagere frequentie

De gebruikte multibeam heeft een frequentie van 300 kHz. Deze hoge frequentie geeft een hoge resolutie waardoor het signaal reflecteert op het scheidingsvlak van lagen met een laag dichtheidsverschil, bvb. het contact tussen water en 'top-slib', gelegen boven de geconsolideerde bodem.

Het hoogfrequente signaal heeft echter een zeer geringe penetratie in de rivierbodem of 'top-slib' laag. De backscatter signatuur zal dus enkel bepaald worden door de eigenschappen van het water-bodem of het water-'top-slib' contact (ruwheid, korrelgrootte en verdeling ervan), en niet door de eigenschappen van het onderliggende sedimentvolume.

Voor de lithologische kaart van 1999 werd een singlebeam echosounder gebruikt met een frequentie van 33 kHz. Bij deze frequentie was het onderliggende sedimentvolume belangrijker dan het contactoppervlak, en kon waarschijnlijk daardoor zandhoudend slib en slibhoudend zand onderscheiden worden.

Een multibeam sonar wordt echter verkozen boven een singlebeam echosounder omdat met multibeam gebiedsdekkend kan gewerkt worden. Er wordt voorgesteld om in de toekomst een test case op te zetten, waarbij een bepaald gebied met twee multibeam sonars met verschillende

frequentie wordt opgemeten (300kHz en <50 kHz). Een vergelijking van de akoestische backscatter kaarten en de lithologische interpretatie ervan zal uitwijzen bij welke frequentie de beste lithologische kaart gemaakt kan worden.

4.2.1.2. *Gebruik van twee opnameschepen is mogelijk*

Er werd nagegaan of de opnamemethode met twee verschillende schepen een invloed heeft op de kwaliteit van de bekomen classificatiekaarten. Het besluit is dat de variaties tussen opeenvolgende opnames –in eenzelfde gebied- met hetzelfde schip reeds even groot zijn als de variaties tussen opnames van twee verschillende schepen in een zelfde gebied. De variaties hangen bovendien sterk af van de lithologische heterogeniteit van het gebied.

Aanbevelingen:

- Gebruik exact dezelfde instellingen voor de twee opnameschepen. De 'ping of pulse rate' en vaarsnelheid moet dezelfde zijn, net als de gebruikte puls lengte.
- Neem het aantal punten/records binnen de interpolatieradius groot genoeg zodat de bekomen kaarten niet te heterogeen zijn en lokale akoestische variaties er uit gefilterd worden (bvb. door lokale aanwezigheid van afval).

4.2.1.3. *Moment in getijcyclus is niet van belang*

Daar het onderzoeksgebied een getijgedomineerd estuarium betreft werd ook nagegaan wat de invloed is van het moment van staalname in de getijcyclus. Doorheen de getijcyclus variëren niet alleen de waterhoogte en stroomsnelheden, maar ook de saliniteit en sedimentconcentratie in de waterkolom. Een aantal testen hebben echter aangetoond dat het moment in de getijcyclus waarop de multibeam data opgenomen worden niet van belang is.

- Er zijn geen noemenswaardige akoestische verschillen tussen kaarten die opgenomen werden op verschillende momenten tijdens kentering (wanneer bij lage stroomsnelheden sedimentdeeltjes neerslaan). Ook de sedimentstalen, genomen tijdens volle eb, volle vloed en kentering op een zelfde locatie, vertonen geen noemenswaardige verschillen in lithologie.
- Bij twee extreem variërende saliniteitsgehalten zijn de verschillen tussen de posities van de footprints van de buitenste beams -die het sterkste effect zouden moeten ondervinden door de langere afstand doorheen de waterkolom- miniem. Verder worden variaties in saliniteit, temperatuur en waterdiepte (die de absorptie van het geluid beïnvloeden) gecompenseerd door de QTC MULTIVIEW software.
- Tijdens de opnames dient wel rekening gehouden te worden met de veranderende swath breedte met veranderende waterdiepte. De swath breedte is ongeveer 5 keer de waterdiepte, dus bij laagwater is deze smaller. Er moet steeds voldoende overlap tussen naastliggende lijnen verzekerd worden. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met het feit dat de buitenste beams tijdens de processing van de data verworpen worden. De afstand tussen de bruikbare records van twee naast elkaar liggende lijnen is soms meer dan 20 m bij de sectiekaarten gebruikt voor deze studie.

Ondanks de minieme invloed van het moment in de getijcyclus, gebeuren de opnames van de sectiekaarten best zo min mogelijk gespreid over de tijd. Er kunnen substantiële verschillen optreden tussen aaneensluitende gebieden die gevaren werden tijdens verschillende periodes. Dit valt vooral op bij de bathymetrische secties (geomorfologische kaart), indien de kaarten gepeild werden net voor en net na baggerwerken.

Ongeacht of gekozen wordt voor 'supervised' of 'unsupervised classification' dient de calibratiecampagne zo kort mogelijk na het peilen van de sectiekaarten uitgevoerd te worden, zodat eventuele lithologische veranderingen of aanpassingen aan de multibeam transducers tot een minimum beperkt worden. Een tussenperiode van 3 tot 4 maand lijkt reeds te veel. Tijdens dit project werd vastgesteld dat de gecalibreerde Beneden-Zeeschelde kaarten in de referentiezones, waar de calibratie plaatsvond, niet hetzelfde beeld geven als op de calibratiekaarten. Ook al werd voor de opmaak van deze Beneden-Zeeschelde kaarten de calibratie catalogus gebruikt en dezelfde visualisatieparameters.

4.2.1.4. *Gebruikte vaarsnelheid en ping rate is van groot belang*

Lithologische kaart

Om de opgenomen multibeam dataset makkelijk hanteerbaar te maken, werd over de multibeam lijnen een netwerk van rechthoeken gelegd, met een bepaalde 'rectangle size'. Elke rechthoek werd gereduceerd tot één record of datapunt. De afmetingen van de rechthoeken worden uitgedrukt in aantal pixels (dwars op de vaarrichting) en aantal 'pings' (in de vaarrichting). De ping rate bepaalt dus de grootte van de rechthoeken en dus hoe sterk de dataset zal vereenvoudigd worden.

In de veronderstelling dat een maximale ping rate werd gehanteerd (40 Hz) werden twee rectangle sizes overwogen: 65x65 en 33x33, wat zou overeenkomen met reële footprints van respectievelijk 3,4 m dwars op de vaarrichting en 6,7 m langs de vaarrichting, en 1,7 m dwars op de vaarrichting en 3,4 m in de vaarrichting, rekening houdend met een vaarsnelheid van 8 knopen (ca. 4 m/s of 15 km/h).

De theoretische maximale ping rate van 40 Hz wordt bij het gebruikte toestel echter niet gehaald. Een werkbare range is 10-20 Hz. Toestellen van de nieuwste generatie kunnen wel hogere ping rates halen.

Tijdens de peilingen voor deze studie werd een ping rate gebruikt van slechts 10 Hz, wat neerkomt op een meer langgerekte footprint in de vaarrichting. Ook al werd de rectangle size zo gekozen dat binnenin de rectangles het akoestische facies homogeen is, in de toekomst moet gestreefd worden naar een hogere ping rate zodat de dataset niet te sterk vereenvoudigd wordt en de recorddichtheid hoger is in de vaarrichting.

Mocht in de toekomst een hogere ping rate niet haalbaar zijn, dan kunnen volgende rectangle sizes gebruikt worden indien een vierkante reële footprint gewenst is (bij een ping rate van 10 Hz):

- Voor een reële footprint van 3,2 m x 3,7 m: kies 65 pixels x 9 pings
- Voor een reële footprint van 6,4 m x 7,0 m: kies 129 pixels x 17 pings

De verwerkingstijd in QTC MULTIVIEW zal daardoor wel sterk verhogen.

Geomorfologische kaart

Voor de geomorfologische kaart is een ping rate van 10 Hz voldoende. Bij een vaarsnelheid van 8 knopen komt dit overeen met één dieptepeiling om de 0,4 m. Enkel de allerkleinste duinen kunnen hiermee niet onderscheiden worden.

4.2.1.5. *Indien mogelijk in de toekomst werken met 'gecleande' multibeam data*

Voor deze studie werden de multibeam backscatter data aangeleverd door de Vlaamse Hydrografie in de vorm van binaire bestanden met extensie 'all', omdat enkel deze bestanden makkelijk in de MULTIVIEW verwerkingssoftware konden ingelezen worden. Deze 'all' data zijn echter ruwe data waarop geen kwaliteitscontrole werd uitgevoerd. In MULTIVIEW werden nadien eventuele foutieve data wel weggefilterd door het instellen van een drempelwaarde waarboven uitschieters werden weggeknipt. Maar deze methode is niet zo nauwkeurig als de manuele cleaning die de Vlaamse Hydrografie normaal gezien toepast voor andere studies.

Als aanbeveling naar de toekomst toe, wordt aangeraden toch de manuele, punt-voor-punt cleaning uit te voeren, maar met CARIS software. CARIS HIPS Reject files kunnen in MULTIVIEW ingelezen worden.

4.2.2. Staalnamecampagnes verbeteren

4.2.2.1. 'supervised classification' d.m.v. een calibratiecatalogus

Bij gesuperviseerde classificatie worden op basis van een eerste akoestische kaart en de interpretatie van controlestalen zones uitgekozen voor de calibratie van de kaart. Men gaat gericht op zoek naar een aantal specifieke lithologieën. Nadien dienen validatiestalen genomen te worden om na te gaan of de calibratie van een klein gebied ook juist toegepast is op de gehele kaart.

- Controlestalen: met het oog op de toekomst kan een vast staalname grid per sectiekaart uitgewerkt worden dat systematisch bemonsterd wordt telkens een sectiekaart gevaren is. Het voorstel is om stalen te nemen op een aantal cruciale punten waar sterke lithologische veranderingen opgetreden zijn (tussen 1999 en 2009) of die net zeer stabiel bleken. Op aanvraag kan dit idee meer in detail uitgewerkt worden.
- Om een betere overeenkomst te bekomen tussen de akoestische klassen en de lithologie wordt een meer gestructureerde en intensievere calibratiecampagne voorgesteld (beschreven onder § 4.2.3). Het is niet zozeer belangrijk verschillende tijdstippen tijdens de getijcyclus te bemonsteren maar wel veel meer samples te nemen zodat uitzonderingen statistisch bepaald kunnen worden. Het is sowieso heel moeilijk om exact eenzelfde locatie te bemonsteren op verschillende momenten in het getij. Het is dan ook niet zeker of bepaalde veranderingen die men zou waarnemen te wijten zijn aan het moment in het getij of door locale variaties.
- Ook al worden alle stalen achteraf nog geanalyseerd in het laboratorium, gedetailleerde beschrijving aan boord is cruciaal. Bvb. de aanwezigheid van een fijn sliblaagje aan de top kan de akoestische signatuur sterk beïnvloeden, terwijl de aanwezigheid ervan niet zal blijken uit de analyses. Grind aanwezig als verspreide keien zal een heel andere signatuur geven dan grind als een keilaag aan het bodemoppervlak, ook al duidt de analyse op een zelfde procentuele samenstelling. Het is aangeraden een vast schema aan te houden met kenmerken die beschreven dienen te worden. En in de toekomst moet het voorkomen van die kenmerken (bvb. verspreid versus toplaag grind) beter in rekening gebracht worden bij het vergelijken met de akoestische kaarten.
- Er werd aangetoond door VUB dat er tussen Mastersizer analyseresultaten en Sedigraaf analyseresultaten er aanzienlijke verschillen kunnen optreden. Er wordt de voorkeur gegeven aan de meer nauwkeurige werkwijze van de Sedigraaf, boven de snellere werkwijze van de Mastersizer.
- Verder wordt voor de toekomst aangeraden om ook bij de controlestalen het grindgehalte en gehalte aan organisch materiaal te bepalen, door deze te wegen na verwijdering.

4.2.2.2. 'unsupervised classification' van de gehele Beneden-Zeeschelde dataset

Bij ongesuperviseerde classificatie wordt door middel van statistische iteratie het optimale aantal klassen bepaald van de gehele Beneden-Zeeschelde backscatter dataset. Nadien moet van iedere akoestische klasse de lithologie bepaald worden. Afhankelijk van de dataset zal het optimale aantal klassen liggen tussen 10 en 20. Voor de calibratie van de akoestische kaart moeten dus 10 tot 20 gebieden intensief bemonsterd worden voor het identificeren van de akoestische klassen. Al kan overwogen worden akoestische klassen met een kleine uitbreiding weg te laten.

In tegenstelling tot de gesuperviseerde methode, waarbij men vertrekt van een aantal vooropgestelde lithologische klassen, kan men bij de ongesuperviseerde methode gericht gaan kijken waarom een gebied tot een bepaalde akoestische klasse behoort en er naast een andere akoestische klasse ligt.

Over een bepaalde dwarssectie kan men systematisch, op korte afstanden van elkaar, stalen nemen en zo de lithologische evolutie over de grenzen van de akoestische gebieden ter plekke waarnemen (deze methode is gehanteerd tijdens de validatiecampagne). De visuele interpretaties en analyses van de stalen zullen aantonen of de akoestische verandering te

maken heeft met een veranderend schelpgehalte, veranderende korrelgrootte of aanwezigheid van bvb. grind en plantenmateriaal. Zonder vooraf te moeten veronderstellen dat 'zandhoudend slib' en 'slibhoudend zand' te onderscheiden zullen zijn, zoals gebeurd is bij de gesuperviseerde classificatie. Achteraf bleek dat deze lithologieën akoestisch niet te onderscheiden zijn met de multibeam sonar. Uit deze studie bleek ook duidelijk dat 'harde bodem' op verschillende manieren kan voorkomen en ook 'slib' heeft verschillende akoestische signaturen. Slib en harde bodem door klei kunnen dezelfde signatuur hebben, terwijl heel brokkelig (geconsolideerd) slib een heel andere signatuur heeft (tot een andere klasse behoort) dan blubberig slib.

De voorkeur gaat dus uit naar 'unsupervised' of ongesuperviseerde classificatie. Waarbij de lithologische te onderscheiden klassen bepaald worden door de akoestische backscatter zelf, en er niet geprobeerd wordt bepaalde vooropgestelde lithologisch klassen te onderscheiden.

4.2.3. Overeenkomst akoestische klassen en lithologie verbeteren

Een akoestische klasse krijgt de lithologische interpretatie van de stalen die er het meeste in voorkomen. Er zijn echter steeds uitzonderingen. Het valt op hoe binnen een bepaalde lithologische klasse vaak stalen voorkomen die eigenlijk niet tot die lithologie behoren. Het kan hier gaan om heel locale (tijdelijke) lithologische verschillen die niet tot uiting komen in de akoestische kaart omdat bij het opstellen van de akoestische kaart (het griden van de akoestische dataset) ze er door interpolatie uitgefilterd werden. Er zijn twee manieren om meer overeenkomsten te bekomen tussen de akoestische kaart en de lithologie van stalen:

- De interpolatieafstand verkleinen, maar vooral het aantal punten die in rekening gebracht worden binnen die afstand verkleinen. Bvb. in plaats van rekening te houden met de 50 meest dichtbij gelegen punten bij een gridpunt, slechts rekening houden met de 5 dichtste punten. Daardoor zullen locale akoestische variaties naar voor komen die lithologische uitzonderingen kunnen verklaren. De bekomen kaart zal wel veel heterogener van uitzicht zijn. Het uiteindelijke doel van de kaart zal bepalen of die heterogeniteit gewenst is of niet. Heterogene kaarten van opeenvolgende jaren zijn bvb. veel moeilijker te vergelijken, daar ze naast de algemene trend ook locale en tijdelijke variaties tonen. Wanneer te weinig datapunten in rekening gebracht worden kan ook de vaarrichting doorschijnen (cf. Figuur B-4 en B-5 in Deelrapport1: Technisch rapport I/RA/11341/10.011/MIM). In ons geval is dit waarschijnlijk te wijten aan de weinige datapunten in de vaarrichting (te lage ping rate).
- De tweede optie is een veel uitgebreidere calibratiecampagne. Door meer stalen te nemen zal statisch gezien het aantal 'outliers' verminderen. Stalen die nu aanzien worden als representatief voor het hele gebied zijn misschien slechts de uitzonderingen. Het wordt aangeraden in de toekomst een zo gestructureerd mogelijk staalname grid uit te zetten over een bepaalde akoestische klasse en zijn grenzen heen. Met een 20- tot 50-tal staalnames op regelmatige afstanden (zo goed als de drift van het schip het toelaat), binnen een radius van een 100-tal meter, om de interpolatie zo goed mogelijk na te bootsen. Deze methode is zeker aan te raden in de vermoedelijke gebieden met slibhoudend zand en zandhoudend slib, daar aan boord zeer moeilijk te bepalen is met welke lithologie men te maken heeft en de uiteindelijke interpretatie pas blijkt na de laboratorium analyses.

Uit literatuur blijkt dat gemiddelde korrelgrootte, sortering, aanwezigheid van grind en schelpen en ruwheid door morfologische structuren de belangrijkste factoren zijn die de backscatter beïnvloeden (Ferrini en Flood, 2006). Het is dan ook aangewezen, zoals hiervoor reeds vermeld, meer aandacht te besteden aan de visuele details beschreven aan boord (voorkomen grind), en er ook rekening mee te houden bij de vergelijking met de akoestische kaarten. Zo kan bvb. bij harde bodems best onderscheid gemaakt worden tussen hoe het grind specifiek voorkomt, i.p.v. onder dezelfde noemer samen te nemen enkel op basis van de korrelgrootteanalyses.

Het voorkomen van bepaalde akoestische klassen kan bovendien bepaald zijn door morfologische microstructuren, dus ook een vergelijking met de geomorfologische kaart is

niet overbodig. Een gridcel grootte kleiner dan 1x1 m kan dan aangewezen zijn voor het opmaken van de geomorfologische kaart.

4.2.4. Visualisatieparameters voor kaarten verbeteren

Indien in de toekomst de ping rate verhoogd wordt, of de rectangle sizes verkleind, zal het aantal records sterk toenemen en zullen de visualisatieparameters moeten aangepast worden aan de nieuw situatie. Bij een grotere recorddichtheid kan bvb. de interpolatieafstand verkleind worden.

Om een beter inzicht te krijgen in de data kan het aangewezen zijn in de toekomst de bekomen 'seabed' files (x, y, klasse toegekend aan elke record) rechtstreeks in Arcview in te voeren en zelf de interpolatie en gridding uit te voeren, in plaats van gebruik te maken QTC CLAMS. De afzonderlijke records kunnen dan beter vergeleken worden met de staalnames. Bij de Arcview software kan een 'statistische analyse toolbox' bijgevoegd worden die dezelfde interpolatiemethodes bevat als QTC CLAMS (e.g. vooropgestelde interpolatieafstand en het aantal punten binnen die afstand, keuze 'meest voorkomende waarde' binnen die punten i.p.v. 'gemiddelde waarde').

4.2.5. Hoe het aantal lithologische klassen verhogen?

De bekomen gesuperviseerde lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde onderscheidt slechts drie klassen: slib, harde bodem en een omvattende klasse die zand, zandhoudend slib en slibhoudend zand bevat. Alhoewel de kaart opgesteld is met een catalogus met 15 klassen, kunnen zandhoudend slib en slibhoudend zand toch niet van elkaar onderscheiden worden.

De ongesuperviseerde lithologische kaart bevat reeds 5 lithologische klassen. Mochten alle 14 akoestische klassen van deze kaart systematisch bemonsterd worden dan zullen waarschijnlijk nog meer lithologische klassen naar voor komen. Deze lithologische klassen zullen dan waarschijnlijk niet gebaseerd zijn op een verschil in korrelgrootte (zoal nu het geval is), maar ook rekening houdend met ruwheid door aanwezigheid van grind, plantenmateriaal, consolidatie, etc.

5. REFERENTIES

- Bastin, A. 1974. Regionale sedimentologie en morfologie van de zuidelijke Noordzee en van het Schelde estuarium. Instituut voor Aardwetenschappen. Leuven, België, Katholieke Universiteit Leuven: 91pp.
- Bastin, A. 1987. Schelde Lithologische kaart 1986-1987. Antwerpen, Ministerie van Openbare Werken, Bestuur de Waterwegen, Antwerpse Zeediensten: 41pp.
- Blondel, P., Murton, B. 1997. Handbook of seafloor sonar imagery. John Wiley and sons, London, 336 pp. In: <http://www.searchmesh.net/Default.aspx?page=1866>
- Chen, M. S., S. Wartel, G.T.M. Van Eck and D.C. Van Maldegem. 2005. Suspended matter in the Scheldt estuary. *Hydrobiologia*. 540: 79-104.
- Chen, M. S., S. Wartel, L. Lavkulich, W. Baeyens, L. Goeyens and N. Brion. 2007. Organic matter and dissolved inorganic nitrogen distributions in estuarine muddy deposits. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 10: 69-85.
- Ferrini, V., Flood, R. 2006. The effects of fine-scale surface roughness and grain size on 300kHz multibeam backscatter intensity in sandy marine sedimentary environments. *Marine Geology* 228: 153-172.
- Kenny, A. J., Cato, I., Desprez, M., Fader, G., Schüttenhelm, R. T. E., and Side, J. 2003. An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification. – *ICES Journal of Marine Science*, 60: 411–418.
- QTC MULTIVIEW 2007. Acoustic Seabed Classification for Multibeam Sonar. User Manual and Reference, Version 4. Quester Tangent. Canada.
http://www.questertangent.com/upload/docs/QTC_MULTIVIEW.pdf
- Sindowski, K. H. 1961. Die synoptische Methode des Korn Kurven-Vergleichnis zur Ausdeutung fossiler Sedimentations Räume. *Geologisches Jahrbuch* 73: 235-275.
- Wartel, S., Parker, R., Francken, F. 2000, Bepaling van de sedimenttypes en opstelling van een lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Maritieme Toegang en KBIN, Sedimentologie, Brussel: 88pp.
- Wartel, S., M. S. Chen, G.T.M. Van Eck and D.C. Van Maldegem. 2007. Influence of harbour construction on mud accumulation in the Scheldt estuary. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 10: 107-115.

Bijlage A Controle sedimentstaalnames

Tabel A-1 Sedimentstaalnames ter controle van de lithologische kaart, genomen kort na de sectiekaart peilingen. Positie in UTM WGS84 (31N), visuele interpretatie van de stalen. Bij verschillende pogingen staat 1^{ste} poging (1x) en volgende poging vermeld (2x).

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Toestel	Visuele interpretatie	Beschrijving
SDo1	588.636	5.686.640	shipek	slibhoudend zand	slib met klein beetje klei
SDo2	588.961	5.686.921	shipek	harde bodem	klei (ook brokjes)
SDo3			shipek	?	
SDo4	588.657	5.687.550	shipek	slibhoudend zand	silt (met klei en zand) --> zandhoudend slib
SDo5	588.982	5.687.628	shipek	zandhoudend slib	klei + slib
SDo6	588.026	5.687.691	shipek	slibhoudend zand	fijn zand + silt + brokjes klei
SDo7			shipek	?	
SDo8	587.822	5.688.266	shipek	slibhoudend zand	fijn zand + brokjes klei
SDo9	587.392	5.688.329	shipek	zandhoudend slib	klei + silt (blubber)
SDo10	587.520	5.688.832	shipek	zand	zand + klei (kleiig zand)
SDo11	588.271	5.689.191	shipek	zandhoudend slib	klei + silt + klein beetje zand
SDo12	587.459	5.689.126	shipek	slibhoudend zand	bovenaan: klei + kleibrokken / onderaan: zand
SDo13	587.686	5.689.617	shipek	zandhoudend slib	slib + hier en daar zandlensjes
SDo14	587.356	5.689.636	shipek	slibhoudend zand	onderaan: zand / bovenaan: slib
SDo15	586.814	5.689.485	shipek	harde bodem	zand + veel klei lenzen
SDo16	586.268	5.689.331	shipek	harde bodem	kleistukken (lens) + steentjes
SDo17	586.130	5.689.537	shipek	harde bodem	schelpjes + zand (klein beetje)
SDo18			shipek	?	
SDo19	586.322	5.690.228	shipek	zandhoudend slib	blubber (klei + silt) + slib
SDo20	585.879	5.690.127	shipek	slibhoudend zand	fijn zand klei lensjes
SDo21	586.089	5.690.375	shipek	zandhoudend slib	klei + zand (fijn) + silt (zandige klei)
SDo22	585.708	5.690.383	shipek	zand	fijn zand + hier en daar klein lensje
SDo23	586.869	5.690.095	shipek	harde bodem	brokjes klei (compactent)
SDo24	585.808	5.689.774	shipek	harde bodem	grind, steentjes zand (klein beetje)
SDo25	588.322	5.688.844	shipek	zandhoudend slib	grind met slib (silt)
SDo26	588.462	5.688.297	shipek	zand	(gemiddeld) zand met schelpjes
SDo27	588.565	5.688.039	shipek	zand	zand met schelpjes (heel af en toe klei laagje)
SDo28	588.703	5.687.671	shipek	slibhoudend zand	kleiig zand + grind + klei lenzen
SDo29	587.894	5.688.670	shipek	zandhoudend slib	klei met af en toe zandlenzen
SDo30	588.151	5.688.049	shipek	slibhoudend zand	fijn zand + silt + brokjes klei
SDo31	587.053	5.689.027	shipek	zand	zand (compact)
SDo32	587.236	5.689.289	shipek	slibhoudend zand	kleiig zand + schelpen + leem
SDo33	585.646	5.690.187	shipek	harde bodem	1x: klei
SDo33	585.659	5.690.217	shipek	slibhoudend zand	2x: silt + zand
SDo34	586.393	5.689.476	shipek	harde bodem	1e keer schelpje / 2x: klei lensje + schelpjes
SDo35	586.381	5.689.925	shipek	slibhoudend zand	zand + klei lensjes
SDo36	586.863	5.689.836	shipek	slibhoudend zand	silt
SDo37	587.564	5.689.518	shipek	slibhoudend zand	silt+fijn zand (lenzen van organisch mat.)
SDo38	588.505	5.689.053	shipek	slib	bovenaan: slib / onderaan: klei
SDo39	588.552	5.689.310	shipek	slib	slib (silt)
SDo40	588.745	5.688.059	shipek	slibhoudend zand	grind met slib onderaan
SDo41	588.714	5.687.159	shipek	slib	slib (silt)
SDo42	587.745	5.688.930	shipek	slibhoudend zand	bovenaan: zand (steentjes) / onderaan: klei
SDo43	589.029	5.687.103	shipek	harde bodem	klei met schelpjes (oxidatieplekken)
SDo44	588.740	5.687.139	shipek	slibhoudend zand	zand met onderaan meer klei en silt
SDo45	588.158	5.688.936	shipek	slibhoudend zand	zand + sliblaagje bovenop
SDo46	587.328	5.688.695	shipek	zand	fijn zand
SDo47	588.422	5.688.589	shipek	slibhoudend zand	grind met slib (silt)
SDo48	587.931	5.689.292	shipek	slibhoudend zand	zand (fijn) + silt
SDo49			shipek	?	
SDo50	588.769	5.689.059	shipek	slib	slib (onderaan iets kleiiger)

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Toestel	Interpretatie	Beschrijving
DoF1	591.249	5.680.177	shipek	harde bodem	vettige klei
DoF2	590.954	5.680.396	shipek	zand	zand
DoF3	591.096	5.680.500	shipek	zand	zand
DoF4	591.083	5.680.902	shipek	harde bodem	brokken hard materiaal + organisch materiaal fauna
DoF5	591.576	5.680.836	shipek	harde bodem	harde klei brokken
DoF6	591.667	5.681.215	shipek	zand	vettig zand
DoF7	591.955	5.681.915	shipek	zand	zand
DoF8	592.423	5.681.831	shipek	slib	slib
DoF9	591.996	5.682.195	shipek	zand	zand
DoF10	591.891	5.682.417	shipek	zand	zand in vocht
DoF11	591.980	5.682.851	shipek	harde bodem	zwaar klei hard
DoF12	591.503	5.682.811	shipek	zand	zand
DoF13	591.657	5.682.995	shipek	harde bodem	schelpenstrand
DoF14	590.970	5.683.369	shipek	zandhoudend slib	vettiger klei
DoF15	590.489	5.683.784	shipek	slib	room geen korrel
DoF16	589.934	5.683.595	shipek	zandhoudend slib	harde toplaag klei
DoF17	589.596	5.684.055	shipek	zandhoudend slib	vettige korrel, heel condens
DoF18	589.208	5.683.957	shipek	zandhoudend slib	klei weinig
DoF19	589.124	5.684.322	shipek	zandhoudend slib	slib geen korrels DGD
DoF20	588.753	5.684.322	shipek	slibhoudend zand	slib met schelpjes DGD
DoF21	588.997	5.684.825	shipek	zand	zand met kleibrokken weinig
DoF22	588.882	5.685.079	shipek	harde bodem	brokjes klei in vettige korrelroom
DoF23	588.559	5.685.168	shipek	harde bodem	enkel toplaag, zanderig met schelpjes
DoF24	589.073	5.685.420	shipek	zandhoudend slib	klei met toplaag zand en schelpjes
DoF25	588.989	5.685.619	shipek	zandhoudend slib	harde klei
DoF26	588.302	5.685.722	shipek	zandhoudend slib	blubber met klei stukken ietwat korrel
DoF27	588.349	5.685.897	shipek	zandhoudend slib	blubber met klei stukken
DoF28	588.643	5.685.976	shipek	slibhoudend zand	leem korreltjes met meer waterblub
DoF29	589.044	5.686.492	shipek	zandhoudend slib	klei blubber slib
DoF30	588.682	5.684.617	shipek	zandhoudend slib	vettige blubber
DoF31	589.112	5.685.183	shipek	slibhoudend zand	vettige korrels
DoF32	588.843	5.685.979	shipek	slibhoudend zand	leem korreltjes
DoF33	588.758	5.683.949	shipek	zandhoudend slib	klei + zand
DoF34	588.537	5.684.301	shipek	slib	blubberslib
DoF35	589.887	5.684.058	shipek	harde bodem	kleivlokken met schelpjes
DoF36	589.408	5.684.063	shipek	slibhoudend zand	korrelig klei leem? Harde top
DoF37	588.786	5.685.610	shipek	slibhoudend zand	kleiige leem met fijn korreltjes
DoF38	590.687	5.683.749	shipek	harde bodem	hard klei
DoF39	591.119	5.682.958	shipek	slibhoudend zand	waterige klei met korrels
DoF40	591.686	5.682.575	shipek	zand	beetje zand
DoF41	590.984	5.683.661	shipek	harde bodem	hard klei
DoF42	592.100	5.682.534	shipek	zand	veel zand
DoF43	592.426	5.682.140	shipek	slib	veel vettig slib
DoF44	591.975	5.681.498	shipek	harde bodem	zand en veel schelpen
DoF45	591.765	5.681.652	shipek	zand	vettig zand
DoF46	591.434	5.680.542	shipek	zandhoudend slib	vettig slib + schelpen
DoF47	590.885	5.680.570	shipek	harde bodem	stenen en schelpen brokken
DoF48	591.264	5.680.945	shipek	harde bodem	schelpenstrand
DoF49	589.245	5.684.609	shipek	harde bodem	brokjes met schelpjes en kleiige stukjes
DoF50	589.466	5.683.869	shipek	harde bodem	korrel met veel schelpen, weinig staal organische brokken (grindfragment + schelpfragment) - slibrijk zand met grijs slijklaagje bovenop.
FO1	596.699	5.677.428	shipek	slibhoudend zand	

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Toestel	Interpretatie	Beschrijving
					veel water + zand. Geen slib (verdwenen door grijper?), heel schuin door stroming
FO2	596.597	5.677.256	van veen	zand	
FO3	595.701	5.677.443	van veen	zandhoudend slib	1x: grindbrok + 2x: zandig slib, zeer vettig
FO4	595.450	5.677.164	van veen	slib	slib! Zeer romig
FO5	594.420	5.677.487	van veen	harde bodem	schelpenfragmenten! Puur
					slib, zandhoudend + stevige slibbrokken
FO6	593.807	5.677.669	van veen	zandhoudend slib	(plaatvormig)
FO7_2	593.405	5.678.168	van veen	?	aaneengekitte schelpjes (grof, weinig)
FO8_2	593.059	5.678.555	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
					1x: schelpen en grindfragment + 2x: slibbrokjes
FO9	592.812	5.678.503	van veen	harde bodem	(zandhoudend)
FO10	592.308	5.678.607	van veen	zand	grof zand + schelpfragm.
FO11_1	592.118	5.678.914	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO11_3	592.152	5.678.985	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO12	591.789	5.678.608	van veen	zand	zand
FO13	591.739	5.678.812	van veen	zand	zand
FO14	590.592	5.679.324	shipek	harde bodem	kleibrokken
FO15	590.923	5.679.340	shipek	zand	zand
FO16	590.858	5.679.491	shipek	zand	zand
FO17				?	TE ONDIEP
FO18	590.528	5.680.218	shipek	slib	slib vettig
FO19	596.195	5.677.372	van veen	harde bodem	grindbrokken + kleibrokken
FO20	590.793	5.679.955	shipek	zand	zand
FO21	591.009	5.679.179	shipek	zand	zand
FO22	591.420	5.678.957	van veen	zand	zand met schelpfragmenten + veen
FO23	590.952	5.680.223	shipek	zand	zand met bovenlaag organisch materiaal
FO24	590.644	5.680.178	shipek	zandhoudend slib	slib
FO25	590.444	5.679.820	shipek	harde bodem	klei
FO26	590.950	5.678.965	van veen	harde bodem	1 kleibrok
FO27				?	TE ONDIEP
FO28	591.254	5.678.852	van veen	slibhoudend zand	1x: schelpen en grind in slibhoudend zand
FO29	591.224	5.679.130	van veen	zand	zand
FO30				?	TE ONDIEP
FO31_1	591.227	5.678.758	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO31_2	591.223	5.678.862	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO32				?	TE ONDIEP
FO33	590.617	5.679.985	shipek	harde bodem	schelpenzand, grind
FO34	590.548	5.679.517	shipek	harde bodem	harde bodem kleibrokken
FO35	592.609	5.678.386	van veen	zand	zand!
FO36	591.866	5.679.010	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO37_1	593.715	5.677.905	van veen	harde bodem	klei en stevige slibbrokken
FO37_2	593.713	5.677.931	van veen	harde bodem	een kous en kleine kleibrokjes
FO38	593.329	5.678.363	van veen	slibhoudend zand	slibhoudend fijn zand
FO39	593.039	5.678.160	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO40	593.482	5.677.778	van veen	harde bodem?	1x: 5 schelpfragm. + 2x: enkel water
FO41_2	593.659	5.677.653	van veen	harde bodem?	slibbrokjes, schelpfragm., steenfragm.
FO42_1	594.974	5.677.196	van veen	leeg	leeg (2x niet toe) (--> grind?)
FO42_2	594.955	5.677.207	van veen	leeg	leeg (--> grind?)
					zandrijke slibbrokjes (weinig!), bevat organische
FO43_1	594.718	5.677.400	van veen	zandhoudend slib?	vlekjes
					zandrijke slibbrokjes (weinig!), bevat organische
FO43_2	594.738	5.677.404	van veen	zandhoudend slib?	vlekjes
FO44_3	596.063	5.677.259	van veen	zand	zand + schelpfragment (na 3x proberen)
FO45	595.526	5.677.432	van veen	harde bodem?	organisch materiaal brok vezels
FO46	595.434	5.677.308	van veen	zand	zand
					1x: zand + zwart zwevend organisch materiaal +
FO47	594.000	5.677.805	van veen	zand	2x: slib, fles + 3x: zand

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Toestel	Interpretatie	Beschrijving
FO48	592.123	5.678.572	van veen	zand	fijn zand + minder schelpen
FO49_1	594.149	5.677.371	van veen	harde bodem?	dikke kei Fluoriet (groen - paarse kristallen)
FO49_2	594.127	5.677.369	van veen	harde bodem?	enkele schelpfragm. (zeer weinig)
FO50	592.404	5.678.850	van veen	slibhoudend zand	slibhoudend Zand
FO51	592.693	5.678.635	van veen	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO52	594.266	5.677.705	van veen	zand	zand + organisch materiaal (zwart zwevend)
FO53	596.802	5.677.393	shipek	zandhoudend slib	zandig slib, zeer slibrijk
FO54	596.406	5.677.332	van veen	zand	zand veel schelpfragmenten, slibrijke brok erin
FO55	595.112	5.677.414	van veen	harde bodem	grind + stevig slibbrokje
FO56	590.970	5.679.962	shipek	zand	zand
FO57	590.016	5.680.016	shipek	slib	slib vettig
FO58	590.770	5.678.997	shipek	harde bodem	kleibrokken
FO59	590.016	5.680.016	shipek	slib	slib vettig
FO60	590.374	5.680.080	shipek	slib	slib vettig
ReA1	594.984	5.673.110	shipek	harde bodem	schelpengrind
ReA2	595.594	5.673.277	shipek	harde bodem	harde bodem + steen
ReA3	595.476	5.673.572	shipek	harde bodem	harde gelaagde klei
ReA4	595.860	5.673.747	shipek	zand	zand + leem
ReA5	596.040	5.673.894	shipek	zand	zand + leem (vettige kleine korreltjes)
ReA6	596.710	5.674.088	shipek	?	harde bodem? Niks!!
ReA7	597.214	5.675.051	shipek	zand	zand + fijne korrel + kleibrokjes + schelpenstukjes
ReA8	597.404	5.675.331	shipek	harde bodem	harde bodem stenen, beetje schelpjes
ReA9	597.590	5.675.720	shipek	harde bodem	schelpen + stuk been
ReA10	597.730	5.676.213	shipek	slibhoudend zand	slib met korreltjes in
ReA11	597.767	5.676.908	shipek	zandhoudend slib	klei met korrels en schelpenfractie
ReA12	597.490	5.677.088	shipek	zandhoudend slib	slib met korreltjes
ReA13	597.282	5.677.163	shipek	harde bodem	zand meet bovenlaag schelpjes
ReA14	597.079	5.677.213	shipek	harde bodem	schelpenfragmenten + grind
ReA15	597.625	5.676.442	shipek	harde bodem	grind kleideeltjes en schelpenkorreltjes
ReA16	597.189	5.677.268	shipek	harde bodem	harde bodem + steenbrokken
ReA17	597.640	5.676.948	shipek	zand	grind + schelpen in zand
ReA18	597.715	5.676.539	shipek	?	heel weinig; siltig harde bodem?
ReA19	597.494	5.677.237	shipek	zandhoudend slib	slib met levend materiaal, strostukjes
ReA20	597.589	5.677.300	shipek	slib	slib
ReA21	597.331	5.677.007	shipek	zand	zand
ReA22	597.120	5.677.082	shipek	zand	zand
ReA23	597.532	5.675.909	shipek	zand	zand + fijnere korrel
ReA24	597.477	5.676.120	shipek	zandhoudend slib	harde klei schelpjes en visbeen in zandhoudend slib
ReA25	597.326	5.675.523	shipek	zand	zand + fijnere korrel
ReA26	597.032	5.675.036	shipek	harde bodem	harde klei roestlaag
ReA27	597.162	5.675.309	shipek	?	harde bodem
ReA28	596.935	5.674.415	shipek	slibhoudend zand	silt (fijn zand) met stenen / weinig dus harde bodem?
ReA29	596.548	5.674.212	shipek	zand	zand
ReA30	596.793	5.674.576	shipek	zand	zand met organisch toplaagje
ReA31	595.165	5.673.414	shipek	zand	zand + fijne korrel
ReA32	596.175	5.673.653	shipek	harde bodem	harde bodem klei (dicht)
ReA33	596.790	5.674.214	shipek	harde bodem	harde bodem schelpen
ReA34	596.493	5.673.859	shipek	?	harde bodem niks
ReA35	594.789	5.673.257	shipek	zandhoudend slib	vettige blauwe slib
ReA36	595.173	5.673.106	shipek	slibhoudend zand	zand stenen vettigheid
ReA37	595.724	5.673.488	shipek	harde bodem	schelpengrind

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Toestel	Interpretatie	Beschrijving
ReA38	597.171	5.674.803	shipek	harde bodem	harde bodem
ReA39	596.302	5.673.907	shipek	harde bodem	harde bodem beetje harde klei met schelpjes
ReA40	596.950	5.674.625	shipek	zandhoudend slib	klei
RuB1	594.411	5.672.861	shipek	zand	zand
RuB2	594.572	5.673.153	shipek	harde bodem	harde kleibodem
RuB3	594.244	5.672.891	shipek	zand	grof zand, grind met steentjes
RuB4	594.032	5.672.700	shipek	zand	zand
RuB5	593.846	5.672.822	shipek	?	harde bodem klei ?? Niet veel in kuip
RuB6	593.743	5.672.583	shipek	zand	zand
RuB7	594.581	5.672.920	shipek	zand	zand
RuB8	592.974	5.671.680	shipek	harde bodem	beenharde kleilaag
RuB9	593.169	5.672.048	shipek	?	niks x3
RuB10	593.393	5.672.340	shipek	harde bodem	harde kleilaag
RuB11	593.418	5.672.120	shipek	zand	zand
RuB12	593.212	5.671.771	shipek	zand	zand
RuB13	593.585	5.672.353	shipek	zand	zand
RuB14	592.956	5.671.430	shipek	harde bodem	eerst schelpen dan grind zand
RuB15	592.766	5.671.101	shipek	?	2x niks
RuB16	593.028	5.671.178	shipek	zand	beetje zand
RuB17	592.963	5.670.934	shipek	zand	zand
RuB18	592.843	5.670.771	shipek	?	zand + organisch materiaal bijna niks
RuB19	592.753	5.670.508	shipek	harde bodem	hard klei bottom niet veel
RuB20	592.741	5.669.896	shipek	harde bodem	schelpjes en steentjes
RuB21	592.951	5.669.811	shipek	zand	zand
RuB22	592.766	5.669.391	shipek	harde bodem	veengrond? Organisch materiaal in klei
RuB23	592.835	5.669.574	shipek	harde bodem	harde kleibodem
RuB24	592.966	5.668.971	shipek	zand	zand
RuB25	593.007	5.669.192	shipek	?	2x niks
RuB26	592.849	5.668.701	shipek	zand	zand met steenbrokken
RuB27	592.987	5.668.530	shipek	harde bodem	grind met schelpjes en steentjes
RuB28	593.059	5.668.281	shipek	harde bodem	brique pillée steentjes schelpen
RuB29	593.036	5.668.060	shipek	harde bodem	raar: hard kleibottom + zand
RuB30	593.063	5.667.570	shipek	zand	dik rijnzand
RuB31	592.948	5.667.830	shipek	harde bodem	harde bodem klei
RuB32	592.904	5.667.368	shipek	harde bodem	harde klei bottom laag
RuB33	593.041	5.667.086	shipek	harde bodem	harde klei bottom laag
RuB34	592.888	5.666.896	shipek	zand	zand
RuB35	593.006	5.666.694	shipek	harde bodem	harde bodem
RuB36	592.847	5.666.286	shipek	zand	zand
RuB37	593.017	5.666.466	shipek	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB38	592.695	5.665.450	shipek	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB39	592.428	5.665.224	shipek	harde bodem	zand met vettige brokken en steen
RuB40	592.595	5.665.146	shipek	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB41	592.169	5.664.959	shipek	zand	zand met organisch materiaal toplaag
RuB42	592.787	5.665.884	shipek	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB43	592.869	5.666.047	shipek	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB44	592.824	5.665.621	shipek	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB45	591.578	5.664.265	shipek	zand	zand met hout afval
RuB46	591.781	5.664.585	shipek	harde bodem	steenpuingrind
RuB47	592.039	5.664.730	shipek	harde bodem	harde bodem bijna geen staal
RuB48	591.826	5.664.800	shipek	zand	zand

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Toestel	Interpretatie	Beschrijving
RuB49	591.654	5.664.453	shipek	harde bodem	allerlei soorten houtbrokken
RuB50	591.016	5.664.372	shipek	?	minimale hoeveelheid zand
RuB51	590.838	5.664.494	shipek	harde bodem	zand met grind en vod
RuB52	590.811	5.664.308	shipek	?	minimale hoeveelheid zand met steentjes
RuB53	591.291	5.664.032	shipek	zandhoudend slib	slib
RuB54	591.304	5.664.316	shipek	zandhoudend slib	slib
RuB55	591.153	5.664.528	shipek	zand	zand
RuB56	591.477	5.664.625	shipek	zand	zand
RuB57	591.476	5.664.415	shipek	slibhoudend zand	vettig zand met stenen slibzand
RuB58	592.409	5.664.988	shipek	harde bodem	harde bodem
RuB59	592.926	5.670.061	shipek	zand	zand
RuB60	592.840	5.670.301	shipek	harde bodem	grind steentje organisch materiaal

Tabel A-2 Interpretatie controlestalen na Mastersizer analyse door het WL, vergeleken met de visuele interpretatie. Kolom 2 = visuele interpretatie aan boord, kolom 3 = korrelgrootte analyseresultaat, kolom 4 = finale interpretatie. Wanneer de uiteindelijke interpretatie verschilt van de visuele, zijn de gegevens aangeduid in vet.

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse WL	Interpretatie na analyse WL	Beschrijving
SDo1	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slib met klein beetje klei
SDo2	harde bodem	slib	harde bodem	klei (ook brokjes)
SDo3	?	?	?	
SDo4	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	silt (met klei en zand) --> zandhoudend slib
SDo5	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	klei + slib
SDo6	slibhoudend zand	zand	zand	fijn zand + silt + brokjes klei
SDo7	?	?	?	
SDo8	slibhoudend zand	zand	zand	fijn zand + brokjes klei
SDo9	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	klei + silt (blubber)
SDo10	zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	zand + klei (kleiig zand)
SDo11	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	klei + silt + klein beetje zand
SDo12	slibhoudend zand	zandhoudend slib	zandhoudend slib	bovenaan: klei + kleibrokken / onderaan: zand
SDo13	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slib + hier en daar zandlensjes
SDo14	slibhoudend zand	zand	zand	onderaan: zand / bovenaan: slib
SDo15	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	zand + veel klei lenzen
SDo16	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	kleistukken (lens) + steentjes
SDo17	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	schelpjes + zand (klein beetje)
SDo18	?	?	?	
SDo19	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	blubber (klei + silt) + slib
SDo20	slibhoudend zand	zand	zand	fijn zand klei lensjes
SDo21	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	klei + zand (fijn) + silt (zandige klei)
SDo22	zand	zand	zand	fijn zand + hier en daar klein lensje
SDo23	harde bodem	slib	harde bodem	brokjes klei (compact)
SDo24	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	grind, steentjes zand (klein beetje)
SDo25	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	grind met slib (silt)
SDo26	zand	zand	zand	(gemiddeld) zand met schelpjes
SDo27	zand	zand	zand	zand met schelpjes (heel af en toe klei laagje)
SDo28	slibhoudend zand	zand	zand	kleiig zand + grind + klei lenzen
SDo29	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	klei met af en toe zandlenzen
SDo30	slibhoudend zand	zand	zand	fijn zand + silt + brokjes klei
SDo31	zand	zand	zand	zand (compact)
SDo32	slibhoudend zand	zandhoudend slib	zandhoudend slib	kleiig zand + schelpen + leem
SDo33	harde bodem	?	?	1x: klei
SDo33	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	2x: silt + zand
SDo34	harde bodem	zand	harde bodem	1e keer schelpje / 2x: klei lensje + schelpjes
SDo35	slibhoudend zand	zand	zand	zand + klei lensjes
SDo36	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	silt
SDo37	slibhoudend zand	zand	zand	silt+fijn zand (lenzen van organisch mat.)
SDo38	slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	bovenaan: slib / onderaan: klei
SDo39	slib	slib	slib	slib (silt)
SDo40	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	grind met slib onderaan
SDo41	slib	slib	slib	slib (silt)
SDo42	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	bovenaan: zand (steentjes) / onderaan: klei
SDo43	harde bodem	slib	harde bodem	klei met schelpjes (oxidatieplekken)
SDo44	slibhoudend zand	zand	zand	zand met onderaan meer klei en silt
SDo45	slibhoudend zand	zand	zand	zand + sliblaagje bovenop
SDo46	zand	zand	zand	fijn zand
SDo47	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	grind met slib (silt)
SDo48	slibhoudend zand	zand	zand	zand (fijn) + silt
SDo49	?	slibh zand	?	
SDo50	slib	slib	slib	slib (onderaan iets kleiiger)
DoF29	slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slib
DoF1	harde bodem	slib	slib	vettige klei
DoF2	zand	zand	zand	zand

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse WL	Interpretatie na analyse WL	Beschrijving
DoF3	zand	zand	zand	zand
DoF4	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	brokken hard materiaal + organisch materiaal fauna
DoF5	harde bodem	-	harde bodem	harde klei brokken
DoF6	zand	zand	zand	vettig zand
DoF7	zand	zand	zand	zand
DoF8	slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slib
DoF9	zand	zand	zand	zand
DoF10	zand	zand	zand	zand in vocht
DoF11	harde bodem	slib	harde bodem	zwaar klei hard
DoF12	zand	zand	zand	zand
DoF13	harde bodem	zand	harde bodem	schelpenstrand
DoF14	zandhoudend slib	slib	zandhoudend slib	vettiger klei
DoF15	slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	room geen korrel
DoF16	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	harde toplaag klei
DoF17	zandhoudend slib	zand	zand	vettige korrel, heel condens
DoF18	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	klei weinig
DoF19	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slib geen korrels DGD
DoF20	slibhoudend zand	zandhoudend slib	harde bodem	slib met schelpjes DGD
DoF21	zand	slibhoudend zand	zand	zand met kleibrokken weinig
DoF22	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	brokjes klei in vettige korrelroom
DoF23	harde bodem	zand	harde bodem	enkel toplaag, zanderig met schelpjes
DoF24	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	klei met toplaag zand en schelpjes
DoF25	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	harde klei
DoF26	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	blubber met klei stukken ietwat korrel
DoF27	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	blubber met klei stukken
DoF28	slibhoudend zand	zandhoudend slib	zandhoudend slib	leem korreltjes met meer waterblub
DoF29	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	klei blubber slib
DoF30	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	vettige blubber
DoF31	slibhoudend zand	zand	zand	vettige korrels
DoF32	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	leem korreltjes
DoF33	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	klei + zand
DoF34	slib	slib	slib	blubberslib
DoF35	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	kleivlokken met schelpjes
DoF36	slibhoudend zand	zandhoudend slib	zandhoudend slib	korrelig klei leem? Harde top
DoF37	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	kleiige leem met fijn korreltjes
DoF38	harde bodem	slibhoudend zand	slibhoudend zand	hard klei
DoF39	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	waterige klei met korrels
DoF40	zand	zand	zand	beetje zand
DoF41	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	hard klei
DoF42	zand	zand	zand	veel zand
DoF43	slib	slib	slib	veel vettig slib
DoF44	harde bodem	zand	harde bodem	zand en veel schelpen
DoF45	zand	zand	zand	vettig zand
DoF46	zandhoudend slib	slibhoudend zand	harde bodem	vettig slib + schelpen
DoF47	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	stenen en schelpen brokken
DoF48	harde bodem	zand	harde bodem	schelpenstrand
DoF49	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	brokjes met schelpjes en kleiige stukjes
DoF50	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	korrel met veel schelpen, weinig staal
FO1	slibhoudend zand	zandhoudend slib	zandhoudend slib	organische brokken (grindfragment + schelpfragment) - slibrijk zand met grijs slijklaagje bovenop.
FO2	zand	zand	zand	veel water + zand. Geen slib (verdwenen door gripper?), heel schuin door stroming
FO3	zandhoudend slib	slibhoudend zand	zandhoudend slib	1x: grindbrok + 2x: zandig slib, zeer vettig
FO4	slib	-	slib	slib! Zeer romig
FO5	harde bodem	zand	harde bodem	schelpenfragmenten! Puur
FO6	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slib, zandhoudend + stevige slibbrokken (plaatvormig)
FO7_2	?	zandhoudend slib?	?	aaneengekitte schelpjes (grof, weinig)
FO8_2	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	zandhoudend slib
FO9	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	1x: schelpen en grindfragment + 2x: slibbrokjes (zandhoudend)
FO10	zand	zand	zand	grof zand + schelpfragm.
FO11_1	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse WL	Interpretatie na analyse WL	Beschrijving
FO11_3	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO12	zand	zand	zand	zand
FO13	zand	zand	zand	zand
FO14	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	kleibrokken
FO15	zand	zand	zand	zand
FO16	zand	zand	zand	zand
FO17	?			TE ONDIEP
FO18	slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slib vettig
FO19	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	grindbrokken + kleibrokken
FO20	zand	zand	zand	zand
FO21	zand	zand	zand	zand
FO22	zand	zand	zand	zand met schelpfragmenten + veen
FO23	zand	zand	zand	zand met bovenlaag organisch materiaal
FO24	zandhoudend slib	slib	zandhoudend slib	slib
FO25	harde bodem	slib	harde bodem	klei
FO26	harde bodem	slib	harde bodem	1 kleibrok
FO27	?			TE ONDIEP
FO28	slibhoudend zand	slib	slibhoudend zand	1x: schelpen en grind in slibhoudend zand
FO29	zand	zand	zand	zand
FO30	?			TE ONDIEP
FO31_1	zandhoudend slib	-	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO31_2	zandhoudend slib	-	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO32	?			TE ONDIEP
FO33	harde bodem	zand	harde bodem	schelpenzand, grind
FO34	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	harde bodem kleibrokken
FO35	zand	zand	zand	zand!
FO36	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO37_1	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	klei en stevige slibbrokken
FO37_2	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	een kous en kleine kleibrokjes
FO38	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend fijn zand
FO39	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO40	harde bodem?	slibhoudend zand	?	1x: 5 schelpfragm. + 2x: enkel water
FO41_2	harde bodem?	slib	?	slibbrokjes, schelpfragm., steenfragm.
FO42_1	leeg	-	?	leeg (2x niet toe) (--> grind?)
FO42_2	leeg	-	?	leeg (--> grind?)
FO43_1	zandhoudend slib?	zandhoudend slib	?	zandrijke slibbrokjes (weinig!), bevat organische vlekjes
FO43_2	zandhoudend slib?	zandhoudend slib	?	zandrijke slibbrokjes (weinig!), bevat organische vlekjes
FO44_3	zand	zand	zand	zand + schelpfragment (na 3x proberen)
FO45	harde bodem?	slibhoudend zand	slibhoudend zand	organisch materiaal brok vezels
FO46	zand	zand	zand	zand
FO47	zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	1x: zand + zwart zwevend organisch materiaal + 2x: slib, fles + 3x: zand
FO48	zand	zand	zand	fijn zand + minder schelpen
FO49_1	harde bodem?	-	?	dikke kei Fluoriet (groen - paarse kristallen)
FO49_2	harde bodem?	-	?	enkele schelpfragm. (zeer weinig)
FO50	slibhoudend zand	zand	zand	slibhoudend Zand
FO51	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib
FO52	zand	zand	zand	zand + organisch materiaal (zwart zwevend)
FO53	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandig slib, zeer slibrijk
FO54	zand	zand	zand	zand veel schelpfragmenten, slibrijke brok erin
FO55	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	grind + stevig slibbrokje
FO56	zand	zand	zand	zand
FO57	slib	zandhoudend slib	slib	slib vettig
FO58	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	kleibrokken
FO59	slib	zandhoudend slib	slib	slib vettig
FO60	slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slib vettig
ReA1	harde bodem	zand/slibh zand	harde bodem	schelpengrind
ReA2	harde bodem	-	harde bodem	harde bodem + steen
ReA3	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	harde gelaagde klei
ReA4	zand	slib/slibh zand/zand	zand	zand + leem

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse WL	Interpretatie na analyse WL	Beschrijving
ReA5	zand	zand	zand	zand + leem (vettige kleine korreltjes)
ReA6	?	?	?	harde bodem? Niks!!
ReA7	zand	zand	zand	zand + fijne korrel + kleibrokjes + schelpenstukjes
ReA8	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	harde bodem stenen, beetje schelpjes
ReA9	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	schelpen + stuk been
ReA10	slibhoudend zand	zand	slibhoudend zand	slib met korreltjes in
ReA11	zandhoudend slib	slib/zandh slib	zandhoudend slib	klei met korrels en schelpenfractie
ReA12	zandhoudend slib	slib/zandh slib	zandhoudend slib	slib met korreltjes
ReA13	harde bodem	zand	harde bodem	zand meet bovenlaag schelpjes
ReA14	harde bodem	zand	harde bodem	schelpenfragmenten + grind
ReA15	harde bodem	zand	harde bodem	grind kleideeltjes en schelpenkorreltjes
ReA16	harde bodem	slibh zand/zand	harde bodem	harde bodem + steenbrokken
ReA17	zand	-	zand	grind + schelpen in zand
ReA18	?	zand	?	heel weinig; siltig harde bodem?
ReA19	zandhoudend slib	zandh slib	zandhoudend slib	slib met levend materiaal, strostukjes
ReA20	slib	-	slib	slib
ReA21	zand	zand	zand	zand
ReA22	zand	zand	zand	zand
ReA23	zand	slibh zand/zand	zand	zand + fijnere korrel
ReA24	zandhoudend slib	zandh slib/slibh zand	slibhoudend zand	harde klei schelpjes en visbeen in zandhoudend slib
ReA25	zand	zand	zand	zand + fijnere korrel
ReA26	harde bodem	zandh slib/slib	harde bodem	harde klei roestlaag
ReA27	?	slibhoudend zand	?	harde bodem
ReA28	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	silt (fijn zand) met stenen / weinig dus harde bodem?
ReA29	zand	zand	zand	zand
ReA30	zand	zand	zand	zand met organisch toplaagje
ReA31	zand	zand	zand	zand + fijne korrel
ReA32	harde bodem	-	harde bodem	harde bodem klei (dicht)
ReA33	harde bodem	zand	harde bodem	harde bodem schelpen
ReA34	?	zand	?	harde bodem niks
ReA35	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	vettige blauwe slib
ReA36	slibhoudend zand	slibh zand/zand	zand	zand stenen vettigheid
ReA37	harde bodem	slibh zand/zand	harde bodem	schelpengrind
ReA38	harde bodem	zand	harde bodem	harde bodem
ReA39	harde bodem	zandh slib/slib	harde bodem	harde bodem beetje harde klei met schelpjes
ReA40	zandhoudend slib	slib	harde bodem	klei
RuB1	zand	zand	zand	zand
RuB2	harde bodem	slib	harde bodem	harde kleibodem
RuB3	zand	zand	zand	grof zand, grind met steentjes
RuB4	zand	zand	zand	zand
RuB5	?	zandh slib/slib	?	harde bodem klei ?? Niet veel in kuip
RuB6	zand	zand	zand	zand
RuB7	zand	zand	zand	zand
RuB8	harde bodem	slib	harde bodem	beenharde kleilaag
RuB9	?	-	?	niks x3
RuB10	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	harde kleilaag
RuB11	zand	zand	zand	zand
RuB12	zand	zand	zand	zand
RuB13	zand	zand	zand	zand
RuB14	harde bodem	zand	harde bodem	eerst schelpen dan grind zand
RuB15	?	?	?	2x niks
RuB16	zand	zand	zand	beetje zand
RuB17	zand	zand	zand	zand
RuB18	?	zand/slibh zand	?	zand + organisch materiaal bijna niks
RuB19	harde bodem	zandh slib/slib	harde bodem	hard klei bottom niet veel
RuB20	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	schelpjes en steentjes
RuB21	zand	zand	zand	zand
RuB22	harde bodem	slib	harde bodem	veengrond? Organisch materiaal in klei
RuB23	harde bodem	slib	harde bodem	harde kleibodem

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse WL	Interpretatie na analyse WL	Beschrijving
RuB24	zand	-	zand	zand
RuB25	?	?	?	2x niks
RuB26	zand	zand	zand	zand met steenbrokken
RuB27	harde bodem	zand	harde bodem	grind met schelpjes en steentjes
RuB28	harde bodem	slibh zand/zand	harde bodem	brique pillée steentjes schelpen
RuB29	harde bodem	slib	harde bodem	raar: hard kleibottom + zand
RuB30	zand	zand	zand	dik rijnzand
RuB31	harde bodem	slib	harde bodem	harde bodem klei
RuB32	harde bodem	slib	harde bodem	harde klei bottom laag
RuB33	harde bodem	slib	harde bodem	harde klei bottom laag
RuB34	zand	zand	zand	zand
RuB35	harde bodem	slib	harde bodem	harde bodem
RuB36	zand	zand	zand	zand
RuB37	harde bodem	slib	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB38	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB39	harde bodem	zandh slib/slibh zand	harde bodem	zand met vettige brokken en steen
RuB40	harde bodem	-	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB41	zand	zand	zand	zand met organisch materiaal toplaag
RuB42	harde bodem	slib	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB43	harde bodem	slib	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB44	harde bodem	slib	harde bodem	harde bodem geen staal, wel klei op veer shipek
RuB45	zand	zand	zand	zand met hout afval
RuB46	harde bodem	slibh zand/zand	harde bodem	steenpuingrind
RuB47	harde bodem	zandhoudend slib	harde bodem	harde bodem bijna geen staal
RuB48	zand	zand	zand	zand
RuB49	harde bodem	slib	harde bodem	allerlei soorten houtbrokken
RuB50	?	zand	?	minimale hoeveelheid zand
RuB51	harde bodem	slibhoudend zand	harde bodem	zand met grind en vod
RuB52	?	slibhoudend zand	?	minimale hoeveelheid zand met steentjes
RuB53	zandhoudend slib	slib	slib	slib
RuB54	zandhoudend slib	zandh slib/slib	zandhoudend slib	slib
RuB55	zand	zand	zand	zand
RuB56	zand	zand	zand	zand
RuB57	slibhoudend zand	zand	harde bodem	vettig zand met stenen slibzand
RuB58	harde bodem	slib/zandh slib	harde bodem	harde bodem
RuB59	zand	zand	zand	zand
RuB60	harde bodem	slibh zand/zand	harde bodem	grind steentje organisch materiaal

Bijlage B Calibratie sedimentstaalnames

Tabel B-1 Sedimentstaalnames ter calibratie van de lithologische kaart. Positie in UTM WGS84 (31N), visuele interpretatie van de stalen. D1= Dag 1-slib referentiezone, D2.1= Dag 2–harde bodem grind referentiezone, D2.2= Dag 2- harde bodem klei referentiezone, D3= Dag 3-zandhoudend slib referentiezone, D4= Dag 4-slibhoudend zand referentiezone, D5= Dag5-zand referentiezone. V= Van Veen, S= Shipek, B= Reineck box corer. HW= hoogwater, LW= laagwater.

Staalnaam	Datum	Locale tijd	X (wgs84)	Y (wgs84)	Visuele interpretatie	Beschrijving	Moment in getij
D1-V-1	27/01/2010	11:18	590.243	5.680.125	zandhoudend slib	zandhoudend slib/slibhoudend zand met sliblaag erbovenop	vol vloed
D1-V-2	27/01/2010	11:24	589.937	5.679.984	slib	slib (dikkig)	vol vloed
D1-S-2	27/01/2010	11:33	589.935	5.679.983	slib	puur slib (slap)	vol vloed
D1-S-1	27/01/2010	11:40	590.215	5.680.126	slib	puur slib (slap)	vol vloed
D1-S-3	27/01/2010	11:50	590.412	5.680.267	slib	puur slib	vol vloed
D1-B-1	27/01/2010	11:56	590.245	5.680.135	slib	slib	vol vloed
D1-B-2	27/01/2010	12:06	589.925	5.679.985	slib	slib	vol vloed
D1-V-3	27/01/2010	13:09	590.238	5.680.132	slib	zandhoudend slib + slib erboven	HW kentering
D1-S-4	27/01/2010	13:21	590.222	5.680.129	slib	slib	HW kentering
D1-S-5	27/01/2010	13:26	590.418	5.680.252	slib	slib met zandlenzen	HW kentering
D1-S-6	27/01/2010	13:35	589.943	5.679.987	slib	slib	HW kentering
D1-B-3	27/01/2010	13:41	589.927	5.679.976	slib	slib geen foto te veel w ater	HW kentering
D1-B-4	27/01/2010	13:52	590.288	5.680.174	slib	slib 2 samples	HW kentering
D1-B-R2	27/01/2010	13:58	590.224	5.680.116	slib	slib	HW kentering
D1-V-4	27/01/2010	15:26	590.228	5.680.129	slib	slib	vol eb
D1-V-5	27/01/2010	15:32	589.930	5.679.999	slib	slib	vol eb
D1-S-7	27/01/2010	15:40	589.921	5.679.964	slib	slib	vol eb
D1-S-8	27/01/2010	15:46	590.214	5.680.122	slib	slib	vol eb
D1-S-9	27/01/2010	15:52	590.409	5.680.262	slib	slib	vol eb
D1-B-5	27/01/2010	15:58	590.228	5.680.140	slib	slib met zandlenzen	vol eb
D1-B-6	27/01/2010	16:11	589.931	5.679.985	slib	slib	vol eb
test D2.2_1	28/01/2010	11:50	592.987	5.667.958	zand	puur zand / geen foto	-
test D2.2_2	28/01/2010	11:54	593.016	5.668.042	harde bodem_klei	puur zand + schijfjes harde klei / geen foto	-
test D2.2_3	28/01/2010	12:04	593.018	5.668.022	zand	zeer w enig zand	-
test D2.2_4	28/01/2010	12:08	593.024	5.668.024	harde bodem_klei	5 cm zand + schijven klei	-
test D2.2_5	28/01/2010	12:14	593.044	5.668.050	zand	vol zand geen klei	-
D2.2-V-1	28/01/2010	13:59	593.027	5.668.030	harde bodem_klei	enkel schilfers klei	vol vloed
D2.2-V-2	28/01/2010	14:02	593.022	5.668.011	harde bodem_grind	enkel grof zand en grindjes	vol vloed
D2.2-S-1	28/01/2010	13:42	593.024	5.668.015	harde bodem_klei	brokje klei en brokje grind	vol vloed
D2.2-S-2	28/01/2010	13:47	593.023	5.668.018	harde bodem_klei	grind + schilfertjes klei (w enig!)	vol vloed
D2.2-S-3	28/01/2010	13:54	593.023	5.668.019	harde bodem_grind	grind + grote kei	vol vloed
D2.2-V-3	28/01/2010	14:53	593.026	5.668.021	harde bodem_klei	kleibrokken, bovenkant geoxideerd	HW kentering
D2.2-S-4	28/01/2010	14:58	593.025	5.668.020	harde bodem_klei	zand + klei brok	HW kentering
D2.2-S-5	28/01/2010	15:03	593.042	5.668.024	harde bodem_grind	grof zand + grind	HW kentering
D2.2-S-6	28/01/2010	15:08	593.042	5.668.024	zand	grof zand	HW kentering
D2.2-B-1	28/01/2010	15:14	593.016	5.668.025	harde bodem_klei	puur klei, geen zand, geen foto; Box Corer sterk verstoord	HW kentering
D2.2-V-4	28/01/2010	17:02	592.986	5.668.063	harde bodem_grind	diepste stuk, veel zand + grind	vol eb
D2.2-V-5	28/01/2010	17:09	593.007	5.668.049	harde bodem_grind	grof zand + w at grind	vol eb
D2.2-S-7	28/01/2010	16:47	593.023	5.668.040	harde bodem_grind	zand, grind, geen klei	vol eb
D2.2-S-8	28/01/2010	16:52	592.999	5.668.055	harde bodem_klei	nu in diepere zone =klei fragm	vol eb

Staalnaam	Datum	Locale tijd	X (wgs84)	Y (wgs84)	Interpretatie	Beschrijving	Moment in getij
D2.2-S-9	28/01/2010	16:58	593.006	5.668.060	harde bodem_klei	klei fragm + zand (heel w weinig)	vol eb
test D2.1_6	28/01/2010	12:23	593.056	5.668.270	zand	héél w weinig zand + organisch materiaal	-
test D2.1_7	28/01/2010	12:29	593.026	5.668.452	zand	w weinig zand	-
test D2.1_8	28/01/2010	12:34	592.991	5.668.526	harde bodem_grind	ok / veel grind & zand	-
D2,1-V-1	28/01/2010	13:15	592.994	5.668.518	harde bodem_grind	grind + klei brokken	vol vloed
D2,1-V-2	28/01/2010	13:19	592.999	5.668.529	harde bodem_grind	veel grind + zand	vol vloed
D2,1-S-1	28/01/2010	13:25	592.984	5.668.519	harde bodem_grind	zand + erboven grind	vol vloed
D2,1-S-2	28/01/2010	13:30	592.996	5.668.511	zand	grof zand geen grindlaag	vol vloed
D2,1-S-3	28/01/2010	13:36	592.997	5.668.508	harde bodem_grind	enkel grof zand + w at grind	vol vloed
D2,1-V-3	28/01/2010	15:23	592.987	5.668.525	harde bodem_grind	grof zand + grind	HW kentering
D2,1-S-4	28/01/2010	15:30	592.991	5.668.541	harde bodem_grind	enkel grof zand + w at grind	HW kentering
D2,1-S-5	28/01/2010	15:36	592.962	5.668.546	zand	enkel grof zand	HW kentering
D2,1-S-6	28/01/2010	15:42	592.998	5.668.542	zand	enkel grof zand	HW kentering
D2,1-B-1	28/01/2010	?	592.990	5.668.534	harde bodem_grind	grof zand + klei + grind	HW kentering
D2,1-V-4	28/01/2010	16:23	593.001	5.668.600	zand	zeer grof zand	vol eb
D2,1-V-5	28/01/2010	16:27	592.987	5.668.527	harde bodem_grind	grind ok	vol eb
D2,1,-S-7	28/01/2010	16:31	592.979	5.668.538	harde bodem_grind	grof zand + fijn grind	vol eb
D2,1-S-8	28/01/2010	16:36	592.996	5.668.540	harde bodem_grind	grof zand + fijn grind	vol eb
D2,1-S-9	28/01/2010	16:40	592.995	5.668.521	zand	zand géén grind	vol eb
Test D3-V-1	29/01/2010	12:50	588.963	5.685.785	slib	slib	-
Test D3-V-1	29/01/2010	12:56	588.928	5.685.732	slib	slib	-
Test D3-V-1	29/01/2010	13:01	588.882	5.685.585	leeg	leeg	-
D3-V-1	29/01/2010	13:03	588.889	5.685.559	zandhoudend slib	zandhoudend slib	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:08	588.908	5.685.553	slibhoudend zand	slibhoudend zand + veel schelpen	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:18	588.925	5.685.553	harde bodem	hard bottom	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:23	588.907	5.685.616	slib	slib	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:29	588.903	5.685.689	slib	slib	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:34	588.989	5.685.602	harde bodem	hard bottom	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:43	588.889	5.685.560	slib	slib	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:49	588.888	5.685.559	harde bodem_klei	hard bottom - stevig slib	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:55	588.933	5.685.436	harde bodem_grind	grind en w at zand	-
Test D3-S-1	29/01/2010	13:59	588.945	5.685.289	slib	stevig slib en klei	-
Test D3-S-1	29/01/2010	14:03	589.058	5.685.302	slib	slib en een beetje zand	-
Test D3-S-1	29/01/2010	14:09	589.089	5.685.313	slib	slib	-
Test D3-S-1	29/01/2010	14:14	589.079	5.685.365	slib	slib	-
D3-S-1	29/01/2010	14:17	589.089	5.685.383	zandhoudend slib	+/- zandhoudend slib (heel w weinig zand)	-
D3-S-2	29/01/2010	15:34	589.007	5.686.127	zandhoudend slib	+/- zandhoudend slib (zand in hoekje)	-
D3-S-3	29/01/2010	15:42	589.004	5.686.111	slib	slib (beetje zand)	-
D3-B-1	29/01/2010	15:49	589.002	5.686.107	zandhoudend slib	slib bovenop zandhoudend slib	-
Test D3-B-2	29/01/2010	15:56	589.002	5.686.121	slib	slib en w at zand bovenop donker slib en schelpfragmenten, slechte tube	-
Test D3-B-2	29/01/2010	16:02	589.002	5.686.124	leeg	leeg	-
D3-B-2	29/01/2010	16:08	589.002	5.686.130	slib	veel slib, boven op iets zandiger	-
D3-V-3	29/01/2010	16:18	588.988	5.686.386	zandhoudend slib	zandhoudend slib + schelpen + grind	-
Test D3-V-4	29/01/2010	16:25	589.030	5.686.351	slib	slib	-
D3-V-4	29/01/2010	16:31	588.858	5.686.352	zandhoudend slib	zandhoudend slib!	-

<i>Staalnaam</i>	<i>Datum</i>	<i>Locale tijd</i>	<i>X (wgs84)</i>	<i>Y (wgs84)</i>	<i>Interpretatie</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Moment in getij</i>
D3-B-5	29/01/2010	16:37	588.866	5.686.335	zandhoudend slib	veel zw art slib met laagje zandhoudend slib erbovenop (<2cm dik)	-
Test D3-B-6	29/01/2010	16:45	588.865	5.686.351	zandhoudend slib	1ste poging heel we weinig zandhoudend slib	-
D3-B-6	29/01/2010	16:51	588.868	5.686.346	zandhoudend slib	1cm grijs zandhoudend slib op zw art slib	-
D3-S-7	29/01/2010	17:01	588.858	5.686.367	zandhoudend slib	klein beetje zandhoudend slib	-
Test D3-S-8	29/01/2010	17:12	588.874	5.686.353	leeg	3x niet toegeklapt	-
Test D4-V-1	1/02/2010	10:12	588.806	5.685.626	harde bodem_klei	harde klei + dun laagje zand	vol eb
D4-V-1	1/02/2010	10:15	588.766	5.685.627	slibhoudend zand	zandhoudend slib + slibhoudend zand	vol eb
D4-V-2	1/02/2010	10:21	588.796	5.685.650	slibhoudend zand	slibh zand	vol eb
D4-S-1	1/02/2010	10:26	588.785	5.685.629	slibhoudend zand	slibh zand	vol eb
Test D4-S-2	1/02/2010	10:33	588.745	5.685.590	leeg	niet toe	vol eb
D4-S-2	1/02/2010	10:37	588.758	5.685.625	slibhoudend zand	slibh zand	vol eb
D4-S-3	1/02/2010	10:44	588.756	5.685.589	slibhoudend zand	slibh zand	vol eb
D4-B-1	1/02/2010	10:52	588.761	5.685.608	slibhoudend zand	slibh zand	vol eb
D4-B-2	1/02/2010	10:59	588.770	5.685.612	slibhoudend zand	slibh zand	vol eb
D4-V-3	1/02/2010	11:40	588.785	5.685.595	slibhoudend zand	slibh zand + organisch materiaal	LW kentering
D4-S-4	1/02/2010	11:57	588.803	5.685.612	slibhoudend zand	slibh zand (vooral zand)	LW kentering
D4-S-5	1/02/2010	12:02	588.769	5.685.577	slibhoudend zand	slibh zand / zandh slib	LW kentering
D4-S-6	1/02/2010	12:11	588.773	5.685.579	slibhoudend zand	slibh zand	LW kentering
D4-B-3	1/02/2010	12:26	588.791	5.685.547	slibhoudend zand	slibh zand	LW kentering
D4-B-4	1/02/2010	13:06	588.668	5.685.578	zand	(w enig slib) zand	LW kentering
D4-V-4	1/02/2010	14:46	588.759	5.685.581	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D4-V-5	1/02/2010	14:59	588.754	5.685.623	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D4-S-7	1/02/2010	15:04	588.779	5.685.592	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D4-S-8	1/02/2010	15:10	588.778	5.685.582	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D4-S-9	1/02/2010	15:16	588.772	5.685.575	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D4-B-5	1/02/2010	15:35	588.733	5.685.560	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D4-B-6	1/02/2010	15:43	588.763	5.685.537	slibhoudend zand	slibh zand	vol vloed
D5-V-1	2/02/2010	9:37	593.038	5.671.114	zand	zand	vol eb
D5-V-2	2/02/2010	9:40	593.026	5.671.094	zand	zand + organisch materiaal	vol eb
D5-S-1	2/02/2010	9:52	592.977	5.671.143	zand	zand	vol eb
D5-S-2	2/02/2010	9:57	592.977	5.671.115	zand	zand	vol eb
D5-S-3	2/02/2010	10:01	592.984	5.671.098	zand	zand	vol eb
D5-B-1	2/02/2010	10:30	593.027	5.671.118	zand	verstoord zandmonster ...	vol eb
D5-B-2	2/02/2010	10:43	592.964	5.671.049	zand	w enig zand geen foto	vol eb
D5-V-3	2/02/2010	13:28	592.959	5.670.995	zand	zand ok + brokje slib	LW kentering
D5-S-4	2/02/2010	13:34	592.959	5.670.996	zand	zand + pareltjes slib	LW kentering
D5-S-5	2/02/2010	13:42	592.971	5.670.988	zand	zand	LW kentering
D5-S-6	2/02/2010	13:50	592.973	5.670.982	zand	zand	LW kentering
D5-B-3	2/02/2010	13:59	592.982	5.670.960	zand	zand beetje verlies	LW kentering
D5-B-4	2/02/2010	14:11	592.975	5.671.089	zand	zand + organisch materiaal	LW kentering
D5-V-4	2/02/2010	15:41	592.977	5.671.087	zand	zand	vol vloed
D5-V-5	2/02/2010	15:43	592.976	5.671.090	zand	zand	vol vloed
D5-S-7	2/02/2010	15:54	592.974	5.671.088	zand	zand	vol vloed
D5-S-8	2/02/2010	15:58	592.971	5.671.088	zand	zand + grind + houtafval e.d.	vol vloed
D5-S-9	2/02/2010	16:02	592.966	5.671.089	zand	zand + fijne brokjes org. mat.	vol vloed
D5-B-5	2/02/2010	16:08	592.970	5.671.088	zand	zand + org. mat. (deel sample verloren onderaan)	vol vloed
D5-B-6	2/02/2010	16:17	592.975	5.671.088	zand	zand + organisch materiaal	vol vloed
D5-B-R3	2/02/2010	16:22	592.971	5.671.091	zand	zand + organisch materiaal	vol vloed

Tabel B-2 Interpretatie calibratiestalen na analyses door VUB, vergeleken met de visuele interpretatie. Kolom 2 = visuele interpretatie aan boord, kolom 3 = korrelgrootte analyseresultaat, kolom 4 = finale interpretatie zoals weergegeven op de kaarten.

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse VUB	Interpretatie na analyse VUB	Beschrijving
D1-V-1	zandhoudend slib	siltig slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib/slibhoudend zand met sliblaag erbovenop
D1-V-2	slib	siltig slib	slib	slib (dikkig)
D1-S-2	slib	siltig slib	slib	puur slib (slap)
D1-S-1	slib	siltig slib	slib	puur slib (slap)
D1-S-3	slib	siltig slib	slib	puur slib
D1-B-1	slib	-	slib	slib
D1-B-2	slib	-	slib	slib
D1-V-3	slib	siltig slib	slib	zandhoudend slib + slib erboven
D1-S-4	slib	siltig slib	slib	slib
D1-S-5	slib	kleilig slib	slib	slib met zandlenzen
D1-S-6	slib	siltig slib	slib	slib
D1-B-3	slib	-	slib	slib geen foto te veel water
D1-B-4	slib	-	slib	slib 2 samples
D1-B-R2	slib	-	slib	slib
D1-V-4	slib	siltig slib	slib	slib
D1-V-5	slib	siltig slib	slib	slib
D1-S-7	slib	siltig slib	slib	slib
D1-S-8	slib	siltig slib	slib	slib
D1-S-9	slib	kleilig slib	slib	slib
D1-B-5	slib	-	slib	slib met zandlenzen
D1-B-6	slib	-	slib	slib
test D2.2_1	zand	-	zand	puur zand / geen foto
test D2.2_2	harde bodem_klei	-	harde bodem_klei	puur zand + schijfjes harde klei / geen foto
test D2.2_3	zand	-	zand	zeer w enig zand
test D2.2_4	harde bodem_klei	-	harde bodem_klei	5 cm zand + schijven klei
test D2.2_5	zand	-	zand	vol zand geen klei
D2.2-V-1	harde bodem_klei	grindrijk zand	harde bodem_klei	enkel schilfers klei
D2.2-V-2	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	enkel grof zand en grindjes
D2.2-S-1	harde bodem_klei	-	harde bodem_klei	brokje klei en brokje grind
D2.2-S-2	harde bodem_klei	zandig grind	harde bodem_klei	grind + schilfertjes klei (w enig!)
D2.2-S-3	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grind + grote kei
D2.2-V-3	harde bodem_klei	grindrijk zand	harde bodem_klei	kleibrokken, bovenkant geoxideerd
D2.2-S-4	harde bodem_klei	grindrijk zand	harde bodem_klei	zand + klei brok
D2.2-S-5	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grof zand + grind
D2.2-S-6	zand	grindrijk zand	zand	grof zand
D2.2-B-1	harde bodem_klei	-	harde bodem_klei	puur klei, geen zand, geen foto; Box Corer sterk verstoord
D2.2-V-4	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	diepste stuk, veel zand + grind
D2.2-V-5	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grof zand + w at grind
D2.2-S-7	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	zand, grind, geen klei
D2.2-S-8	harde bodem_klei	grindrijk zand	harde bodem_klei	nu in diepere zone =klei fragm

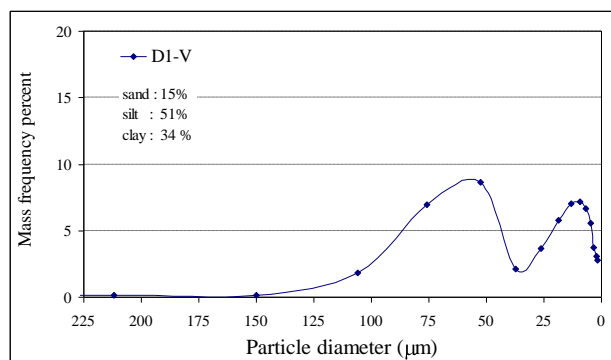
Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse VUB	Interpretatie na analyse VUB	Beschrijving
D2.2-S-9	harde bodem_klei	grindrijk zand	harde bodem_klei	klei fragm + zand (heel w enig)
test D2.1_6	zand	-	zand	héél w enig zand + organisch materiaal
test D2.1_7	zand	-	zand	w enig zand
test D2.1_8	harde bodem_grind	-	harde bodem_grind	ok / veel grind & zand
D2,1-V-1	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grind + klei brokken
D2,1-V-2	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	veel grind + zand
D2,1-S-1	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	zand + erboven grind
D2,1-S-2	zand	grindrijk zand	zand	grof zand geen grindlaag
D2,1-S-3	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	enkel grof zand + w at grind
D2,1-V-3	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grof zand + grind
D2,1-S-4	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	enkel grof zand + w at grind
D2,1-S-5	zand	grindrijk zand	zand	enkel grof zand
D2,1-S-6	zand	grindrijk zand	zand	enkel grof zand
D2,1-B-1	harde bodem_grind	-	harde bodem_grind	grof zand + klei + grind
D2,1-V-4	zand	grindrijk zand	zand	zeer grof zand
D2,1-V-5	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grind ok
D2,1,-S-7	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grof zand + fijn grind
D2,1-S-8	harde bodem_grind	grindrijk zand	harde bodem_grind	grof zand + fijn grind
D2,1-S-9	zand	grindrijk zand	zand	zand géén grind
Test D3-V-1	slib	-	slib	slib
Test D3-V-1	slib	-	slib	slib
Test D3-V-1	leeg	-	leeg	leeg
D3-V-1	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	zandhoudend slib
Test D3-S-1	slibhoudend zand	-	slibhoudend zand	slibhoudend zand + veel schelpen
Test D3-S-1	harde bodem	-	harde bodem	hard bottom
Test D3-S-1	slib	-	slib	slib
Test D3-S-1	slib	-	slib	slib
Test D3-S-1	harde bodem	-	harde bodem	hard bottom
Test D3-S-1	slib	-	slib	slib
Test D3-S-1	harde bodem_klei	-	harde bodem_klei	hard bottom - stevig slib
Test D3-S-1	harde bodem_grind	-	harde bodem_grind	grind en w at zand
Test D3-S-1	slib	-	slib	stevig slib en klei
Test D3-S-1	slib	-	slib	slib en een beetje zand
Test D3-S-1	slib	-	slib	slib
Test D3-S-1	slib	-	slib	slib
D3-S-1	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	+/- zandhoudend slib (heel w enig zand)
D3-S-2	zandhoudend slib	zandhoudend slib	zandhoudend slib	+/- zandhoudend slib (zand in hoekje)
D3-S-3	slib	slib	slib	slib (beetje zand)
D3-B-1	zandhoudend slib	-	zandhoudend slib	slib bovenop zandhoudend slib
Test D3-B-2	slib	-	slib	slib en w at zand bovenop donker slib en schelpfragmenten, slechte tube
Test D3-B-2	leeg	-	leeg	leeg
D3-B-2	slib	-	slib	veel slib, boven op iets zandiger zandhoudend slib + schelpen + grind
D3-V-3	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	
Test D3-V-4	slib	-	slib	slib
D3-V-4	zandhoudend slib	slibhoudend zand	slibhoudend zand	zandhoudend slib!

Staalnaam	Visuele interpretatie	Analyse VUB	Interpretatie na analyse VUB	Beschrijving
D3-B-5	zandhoudend slib	-	zandhoudend slib	veel zw art slib met laagje zandhoudend slib erbovenop (<2cm dik)
Test D3-B-6	zandhoudend slib	-	zandhoudend slib	1ste poging heel w enig zandhoudend slib
D3-B-6	zandhoudend slib	-	zandhoudend slib	1cm grijs zandhoudend slib op zw art slib
D3-S-7	zandhoudend slib	zand	zand	klein beetje zandhoudend slib
Test D3-S-8	leeg	-	leeg	3x niet toegekapt
Test D4-V-1	harde bodem_klei	-	harde bodem_klei	harde klei + dun laagje zand
D4-V-1	slibhoudend zand	zand	zand	zandhoudend slib + slibhoudend zand
D4-V-2	slibhoudend zand	zand	zand	slibh zand
D4-S-1	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibh zand
Test D4-S-2	leeg	-	leeg	niet toe
D4-S-2	slibhoudend zand	zand	zand	slibh zand
D4-S-3	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibh zand
D4-B-1	slibhoudend zand	-	slibhoudend zand	slibh zand
D4-B-2	slibhoudend zand	-	slibhoudend zand	slibh zand
D4-V-3	slibhoudend zand	zand	zand	slibh zand + organisch materiaal
D4-S-4	slibhoudend zand	zand	zand	slibh zand (vooral zand)
D4-S-5	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibh zand / zandh slib
D4-S-6	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibh zand
D4-B-3	slibhoudend zand	-	slibhoudend zand	slibh zand
D4-B-4	zand	-	zand	(w enig slib) zand
D4-V-4	slibhoudend zand	zand	zand	slibh zand
D4-V-5	slibhoudend zand	zand	zand	slibh zand
D4-S-7	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibh zand
D4-S-8	slibhoudend zand	zandhoudend slib	zandhoudend slib	slibh zand
D4-S-9	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibhoudend zand	slibh zand
D4-B-5	slibhoudend zand	-	slibhoudend zand	slibh zand
D4-B-6	slibhoudend zand	-	slibhoudend zand	slibh zand
D5-V-1	zand	zand	zand	zand
D5-V-2	zand	zand	zand	zand + organisch materiaal
D5-S-1	zand	zand	zand	zand
D5-S-2	zand	zand	zand	zand
D5-S-3	zand	zand	zand	zand
D5-B-1	zand	-	zand	verstoord zandmonster ...
D5-B-2	zand	-	zand	w enig zand geen foto
D5-V-3	zand	zand	zand	zand ok + brokje slib
D5-S-4	zand	zand	zand	zand + pareltjes slib
D5-S-5	zand	zand	zand	zand
D5-S-6	zand	zand	zand	zand
D5-B-3	zand	-	zand	zand beetje verlies
D5-B-4	zand	-	zand	zand + organisch materiaal
D5-V-4	zand	zand	zand	zand
D5-V-5	zand	zand	zand	zand
D5-S-7	zand	zand	zand	zand
D5-S-8	zand	zand	zand	zand + grind + houtafval e.d.
D5-S-9	zand	zand	zand	zand + fijne brokjes org. mat.

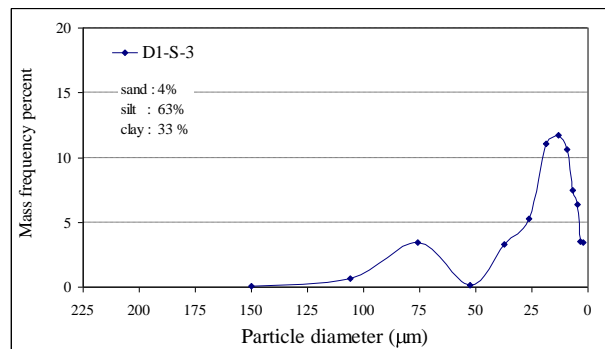
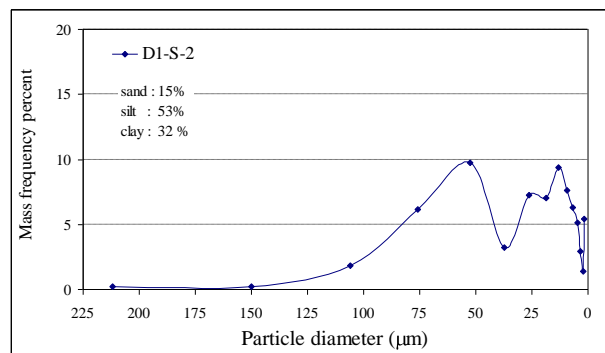
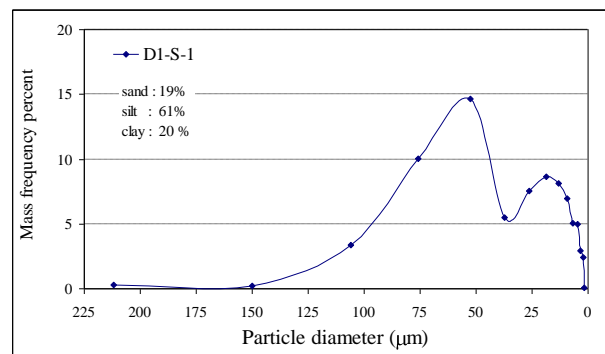
<i>Staalnaam</i>	<i>Visuele interpretatie</i>	<i>Analyse VUB</i>	<i>Interpretatie na analyse VUB</i>	<i>Beschrijving</i>
D5-B-5	zand	-	zand	zand + org. mat. (deel sample verloren onderaan)
D5-B-6	zand	-	zand	zand + organisch materiaal
D5-B-R3	zand	-	zand	zand + organisch materiaal

Bijlage C Calibratie analyseresultaten: korrelgrootteverdelingscurves

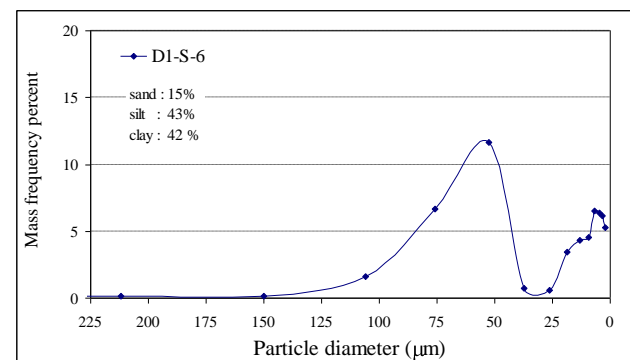
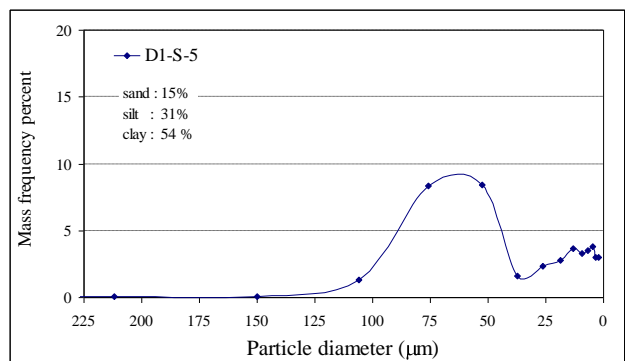
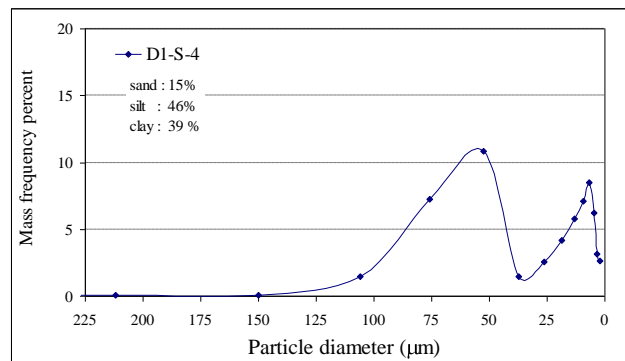
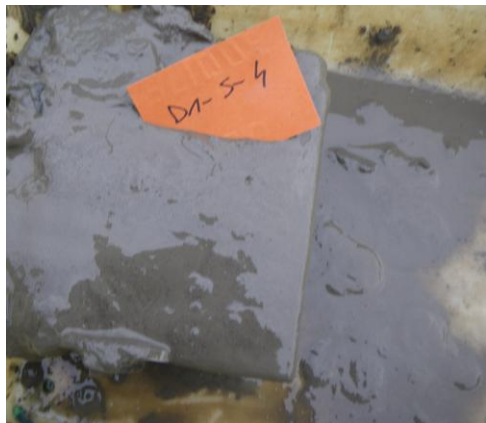
C.1 Slib bodem – referentiezone D1



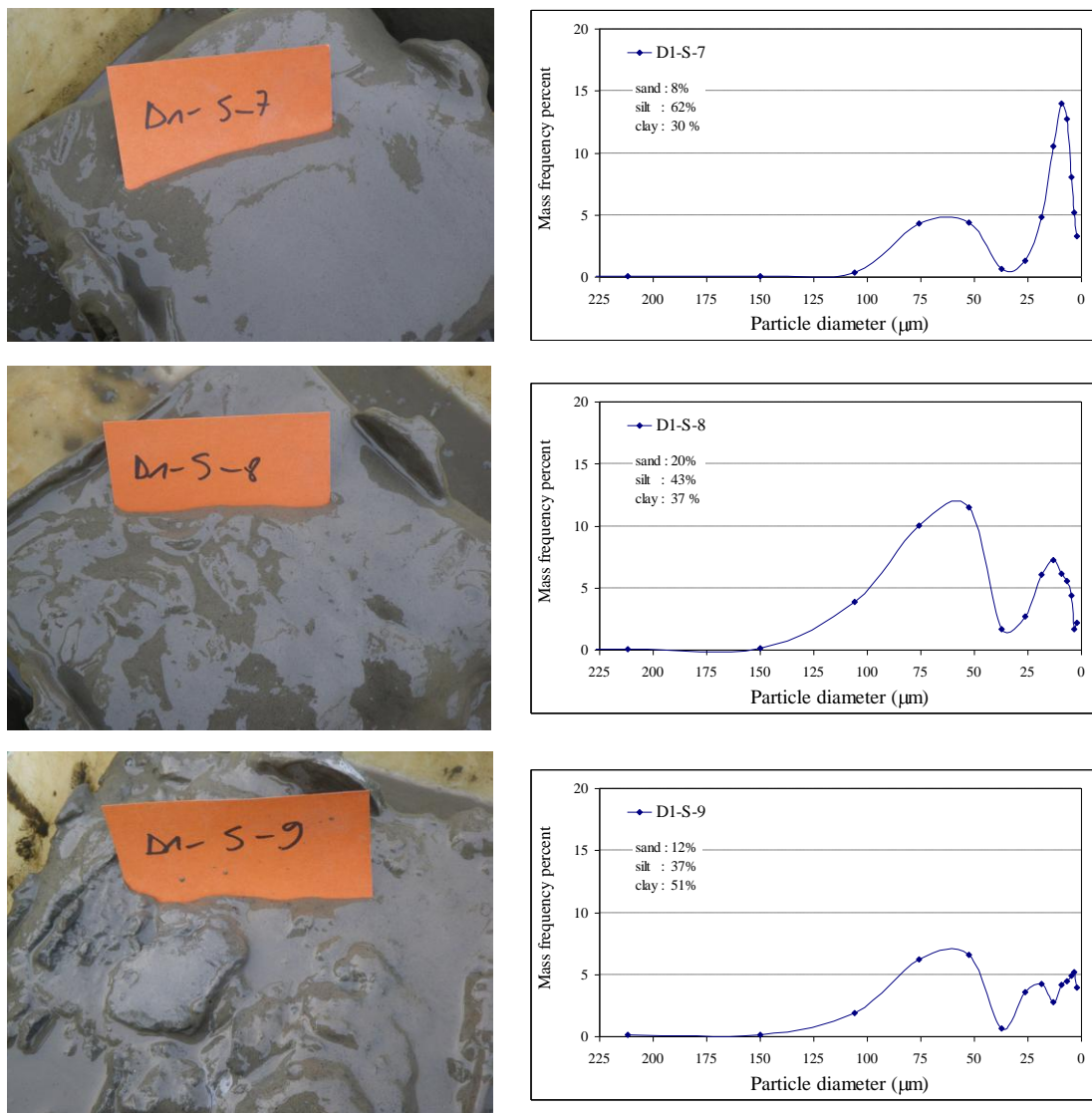
Figuur C-1 Referentiezone D1: sediment korrelgrootteverdeling van de Van Veen samples.



Figuur C-2 Referentiezone D1: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle vloed

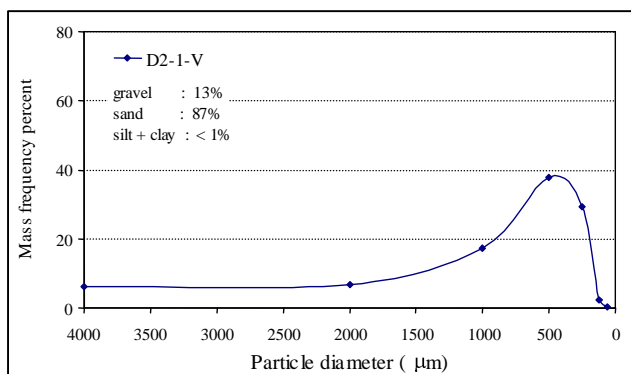


Figuur C-3 Referentiezone D1: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij hoogwaterkentering

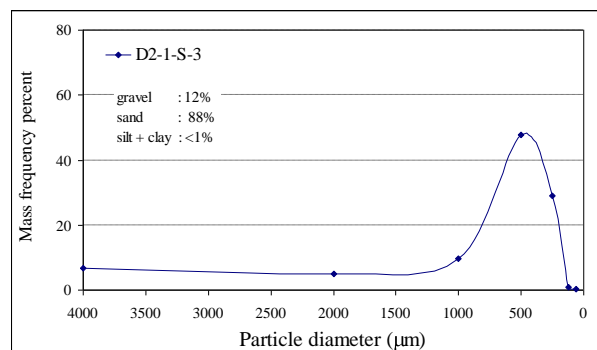
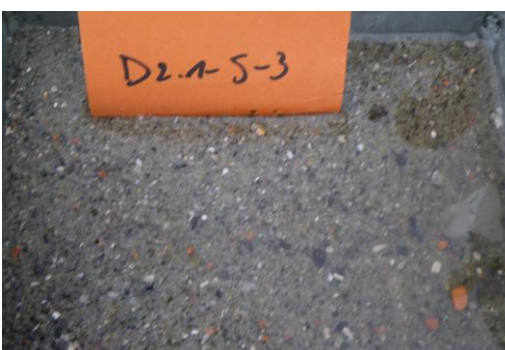
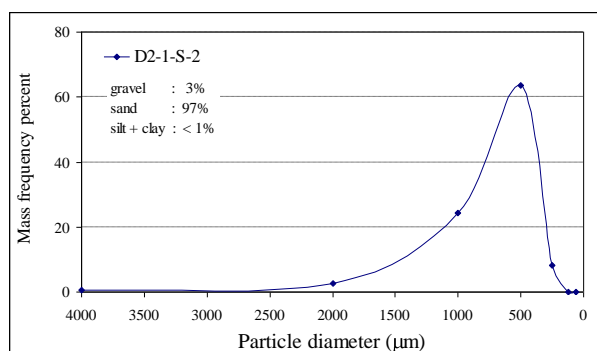
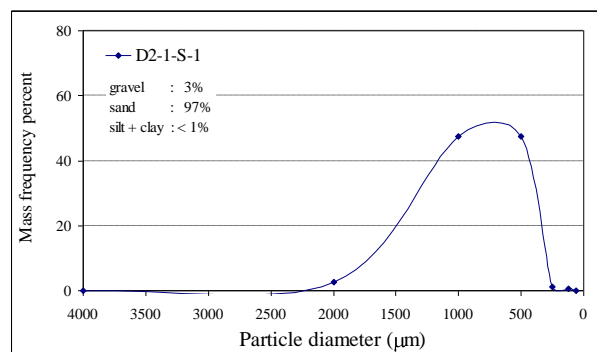


Figuur C-4 Referentiezone D1: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle eb

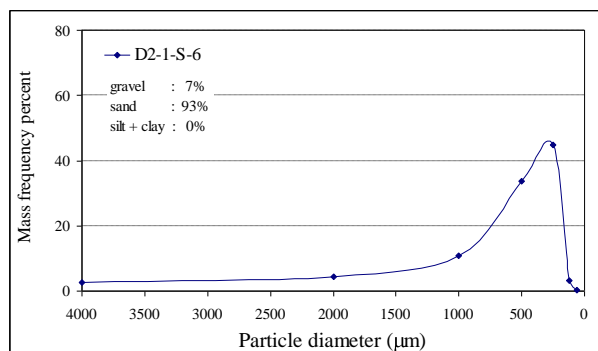
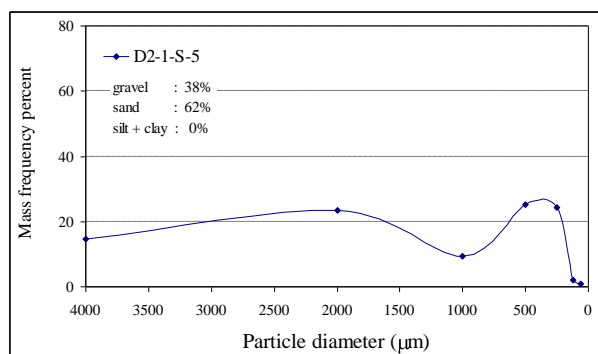
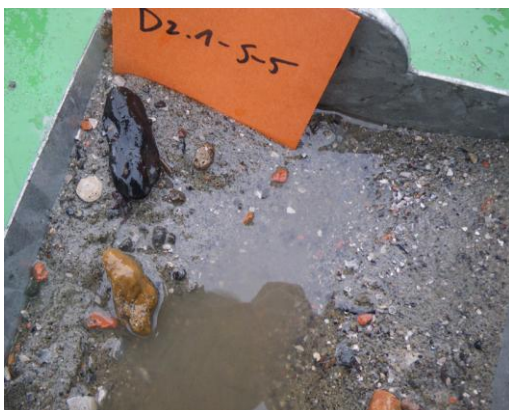
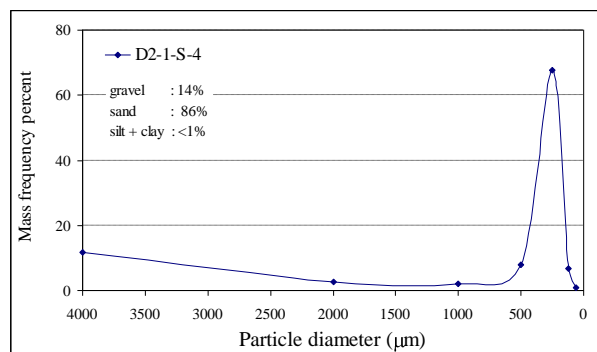
C.2 Harde bodem (grind, klei) – referentiezones D2.1. en D2.2.



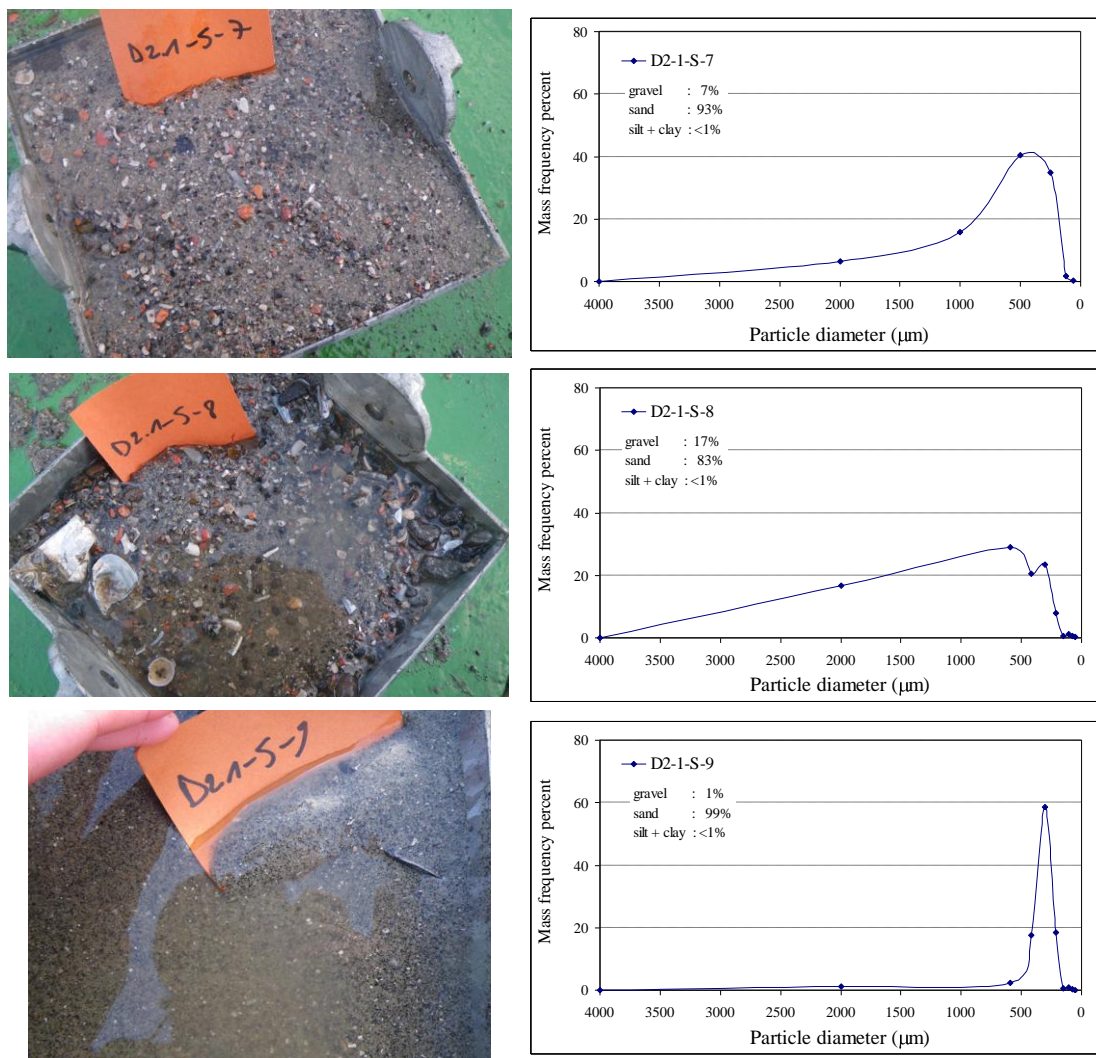
Figuur C-5 Referentiezone D2.1: sediment korrelgrootteverdeling van de Van Veen samples.



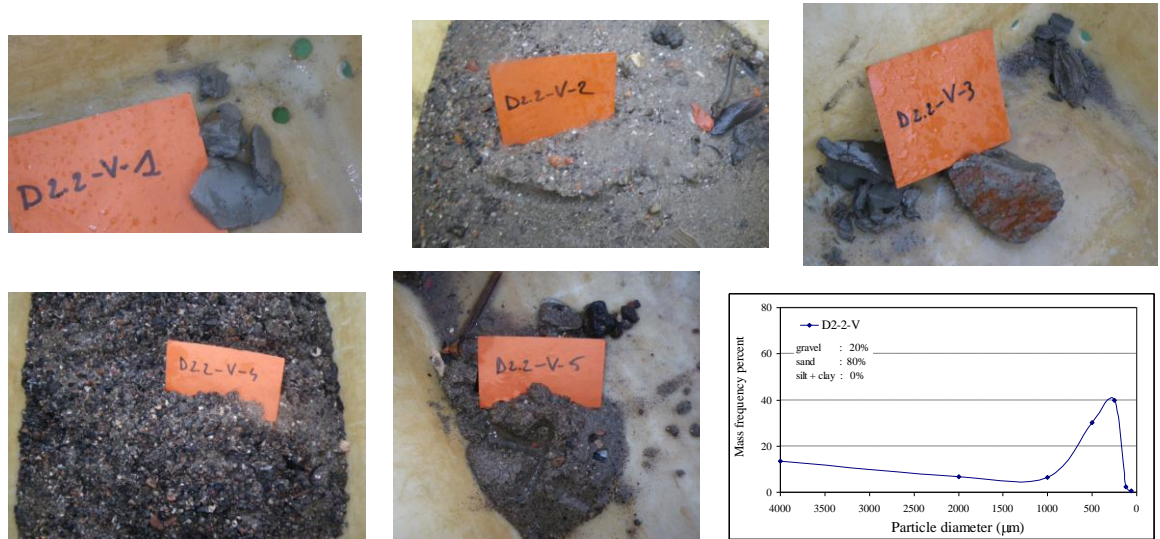
Figuur C-6 Referentiezone D2.1: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle vloed



Figuur C-7 Referentiezone D2.1: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij hoogwaterkentering



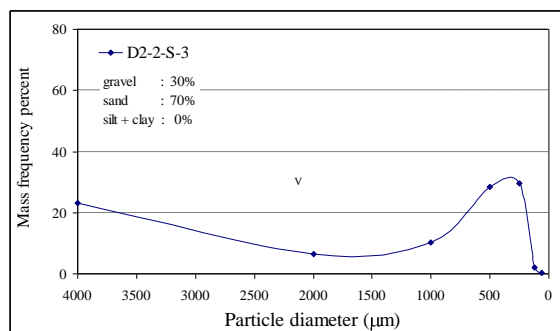
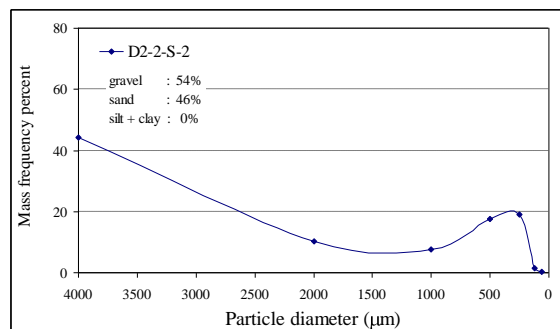
Figuur C-8 Referentiezone D2.1: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle eb



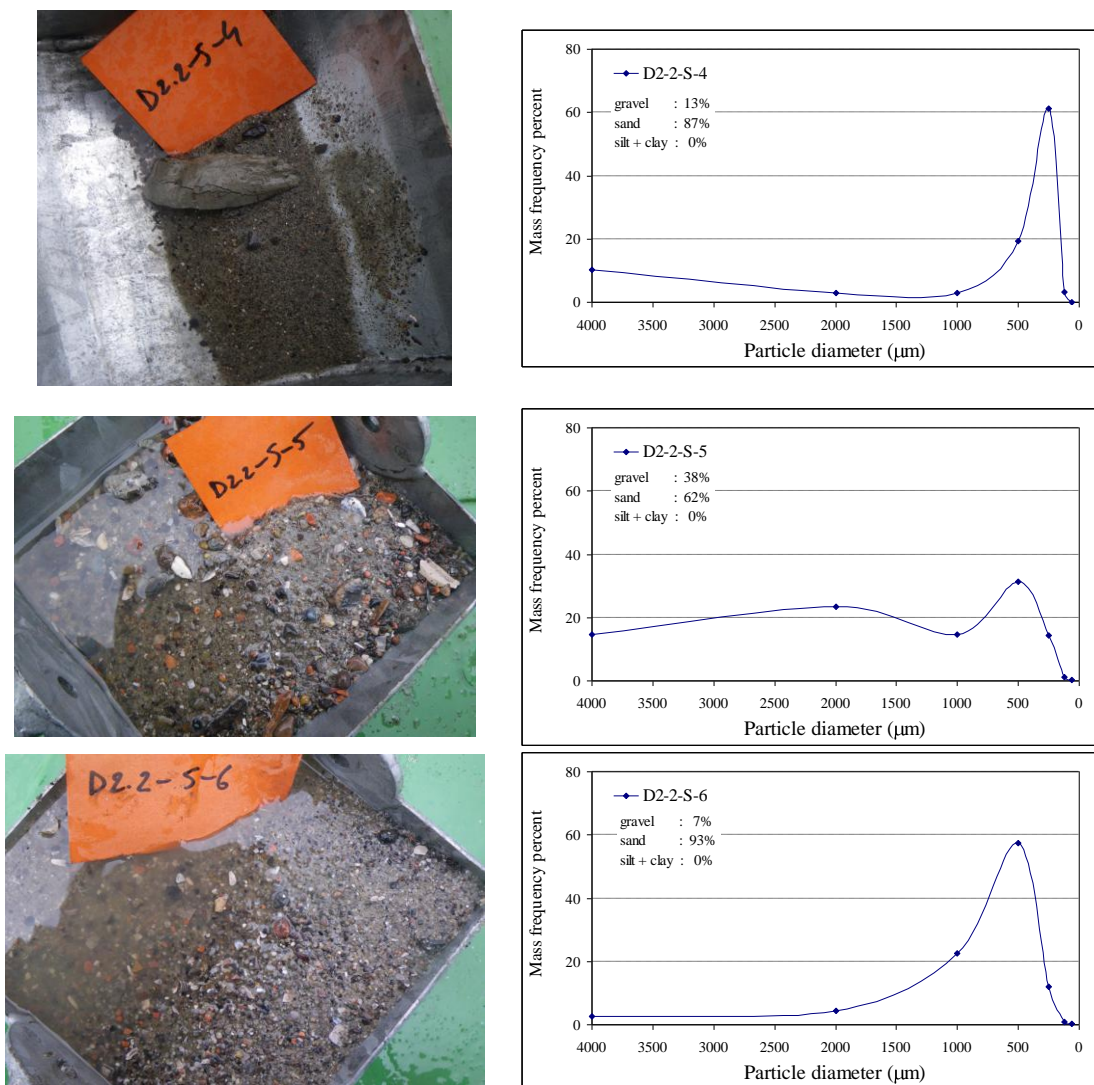
Figuur C-9 Referentiezone D2.2: sediment korrelgrootteverdeling van de Van Veen samples.



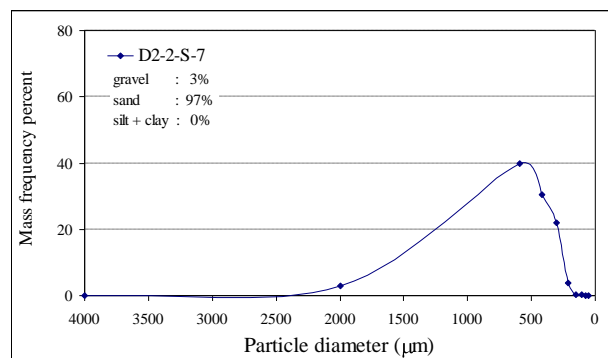
not enough samples for analysis



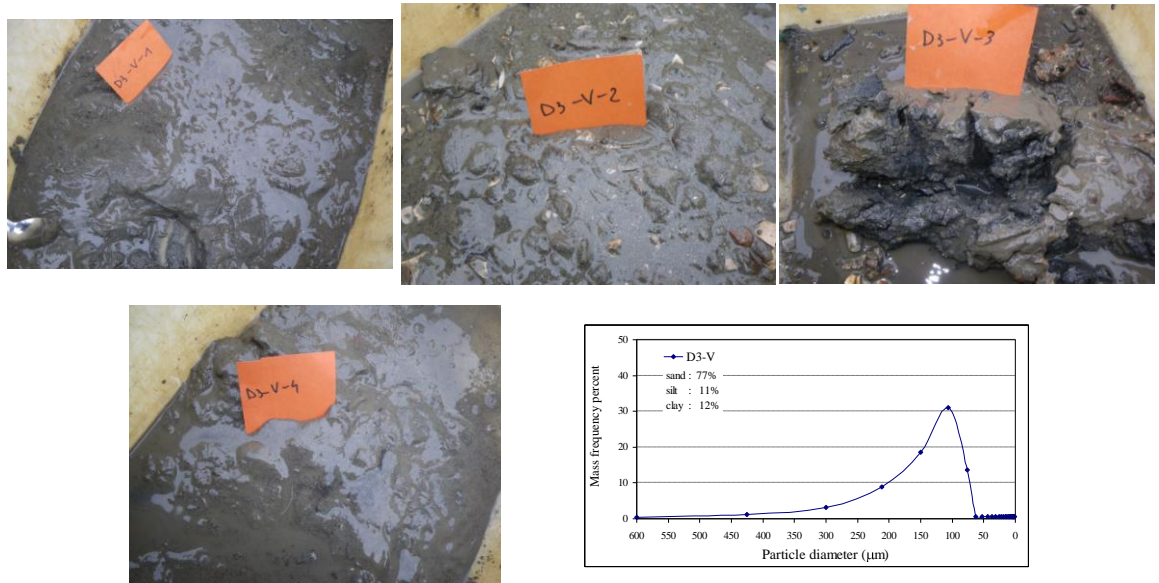
Figuur C-10 Referentiezone D2.2: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle vloed



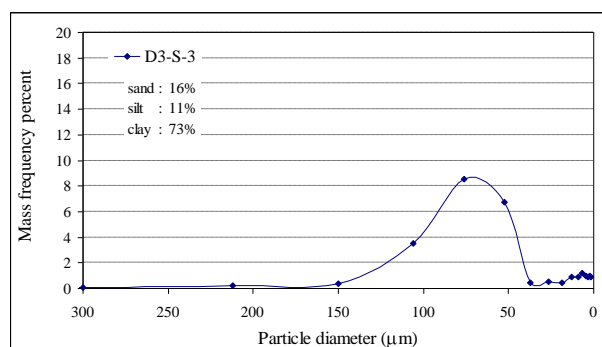
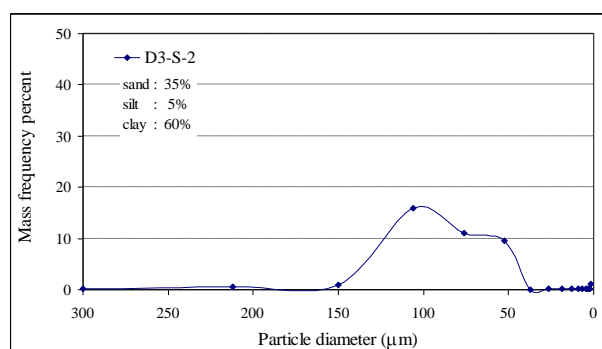
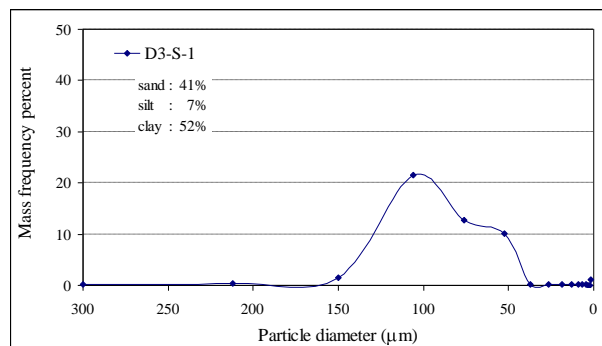
Figuur C-11 Referentiezone D2.2: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij hoogwaterkentering



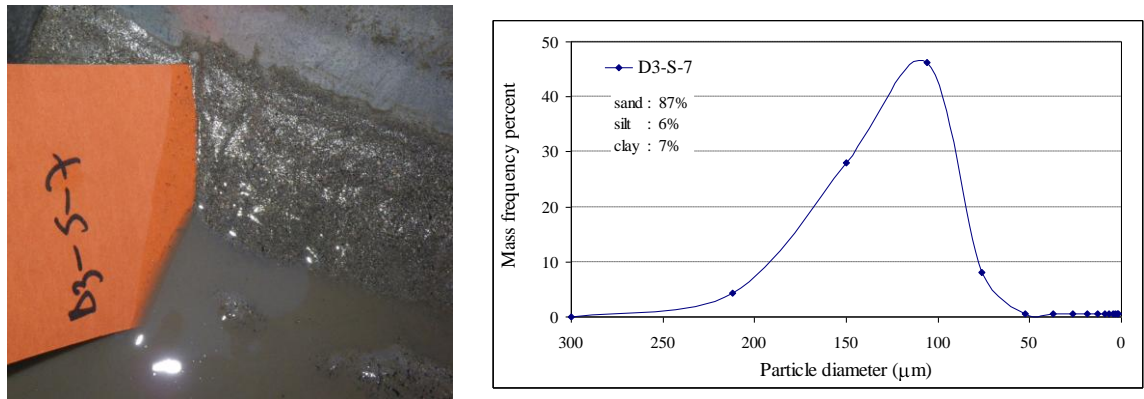
C.3 Zandhoudend slib bodem – Referentiezone D3



Figuur C-13 Referentiezone D3: sediment korrelgrootteverdeling van de Van Veen samples.

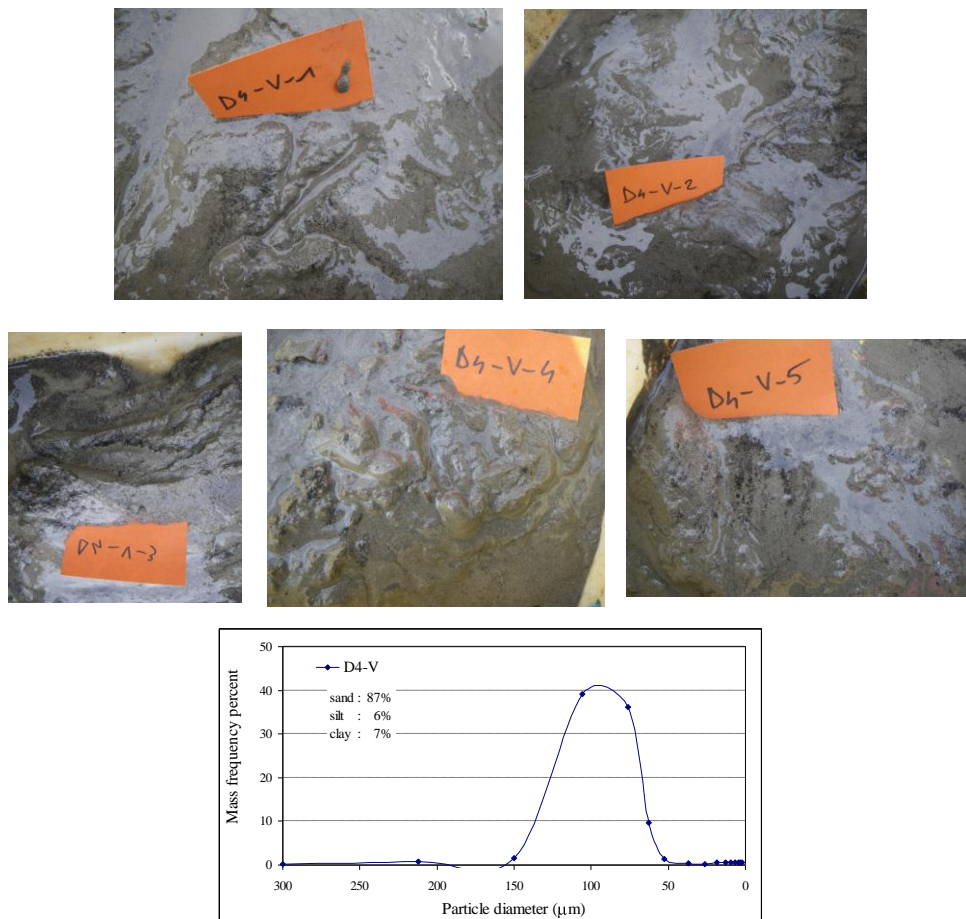


Figuur C-14 Referentiezone D3: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle vloed

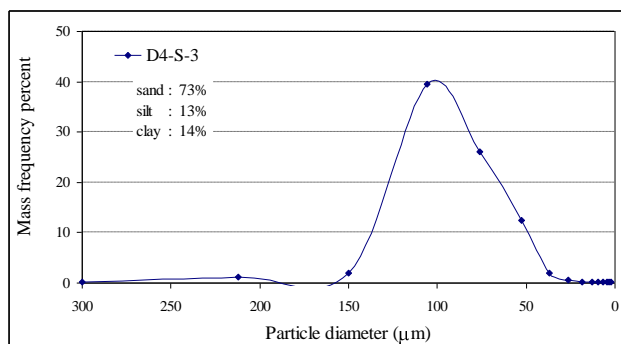
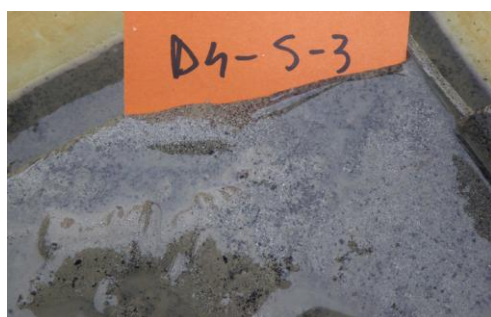
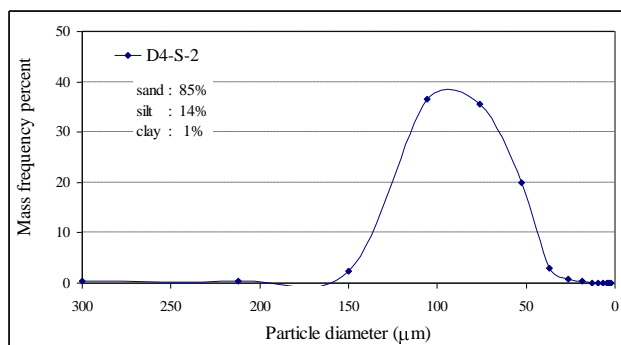
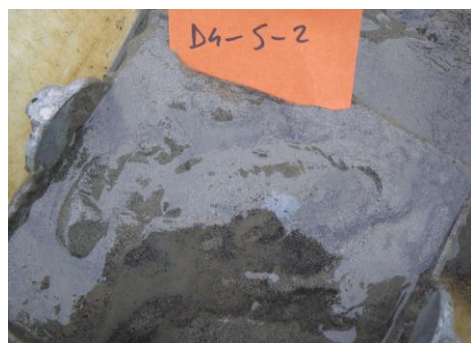
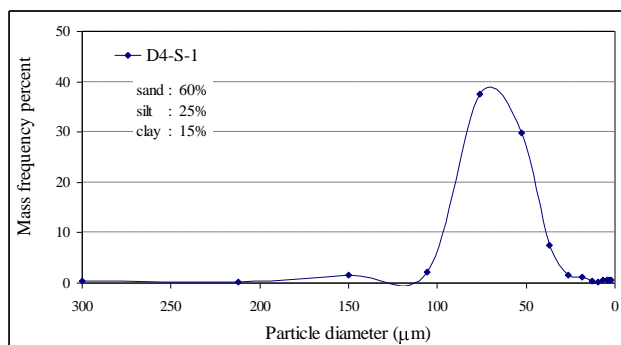
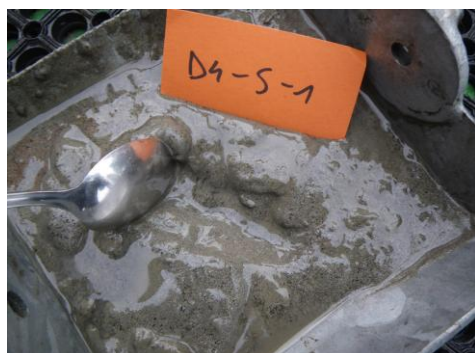


Figuur C-15 Referentiezone D3: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle eb

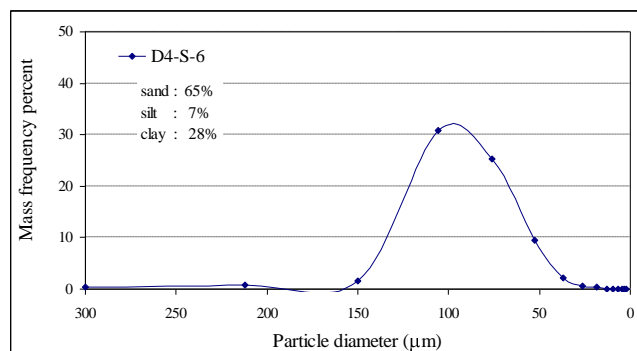
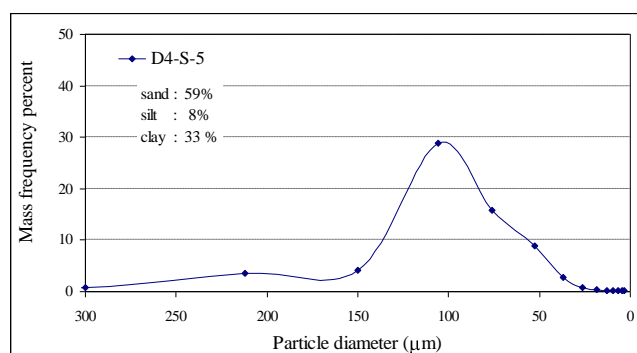
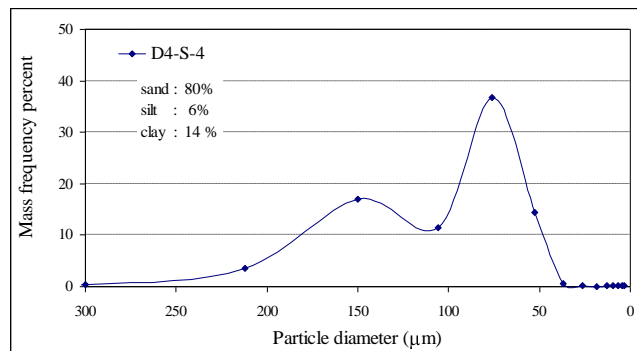
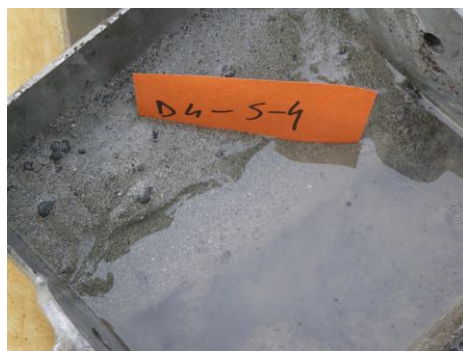
C.4 Slibhoudend zand bodem – referentiezone D4



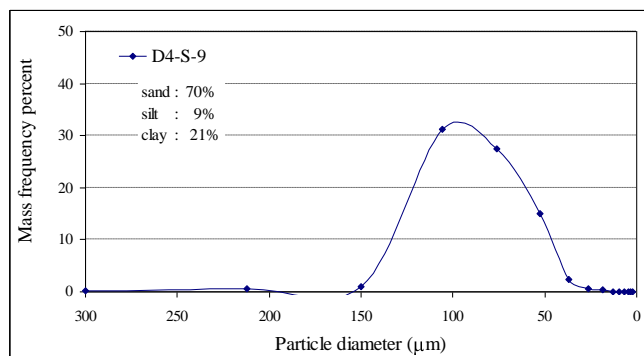
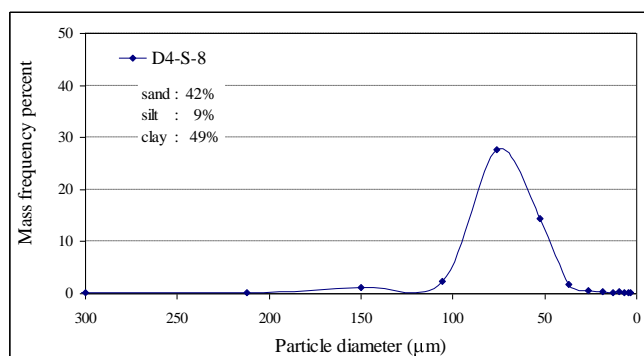
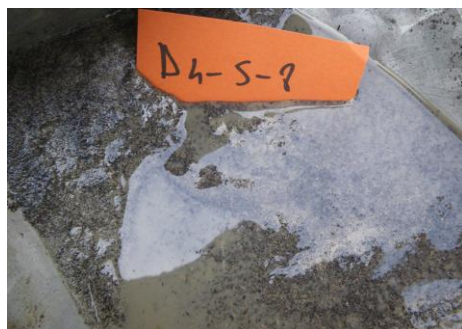
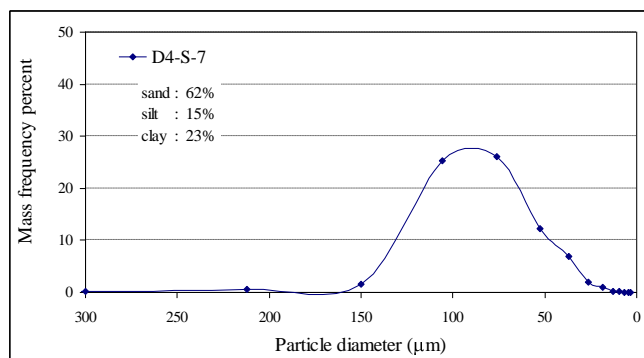
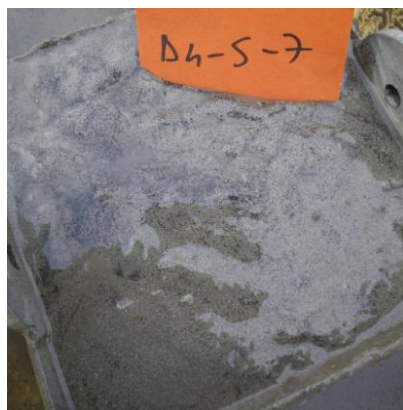
Figuur C-16 Referentiezone D4: sediment korrelgrootteverdeling van de Van Veen samples.



Figuur C-17 Referentiezone D4: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle eb

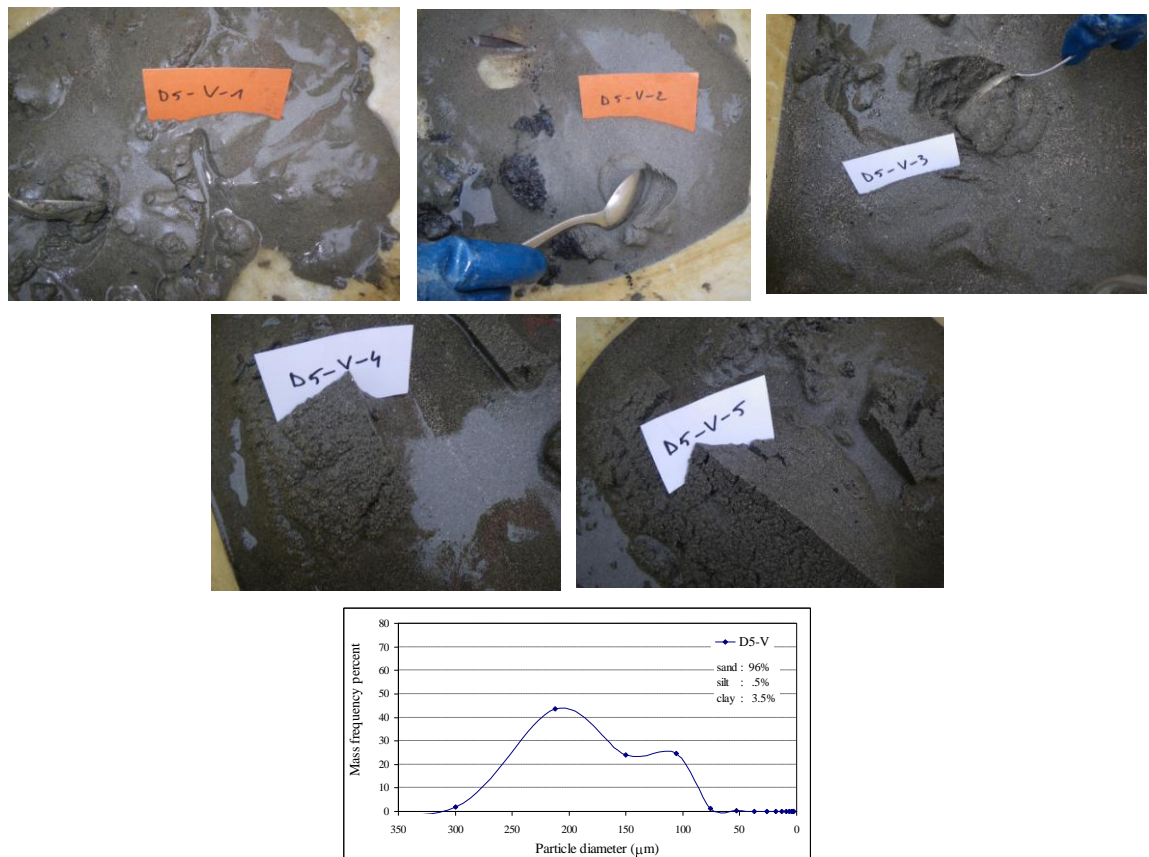


Figuur C-18 Referentiezone D4: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij laagwaterkentering

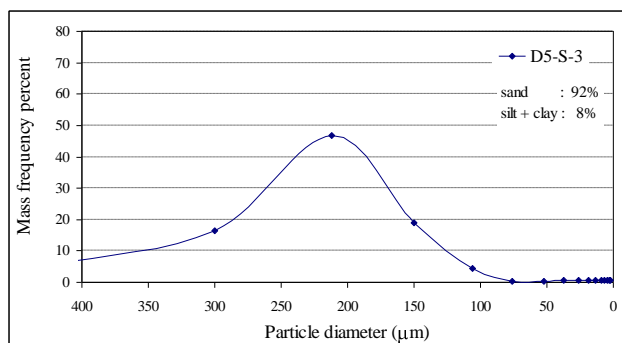
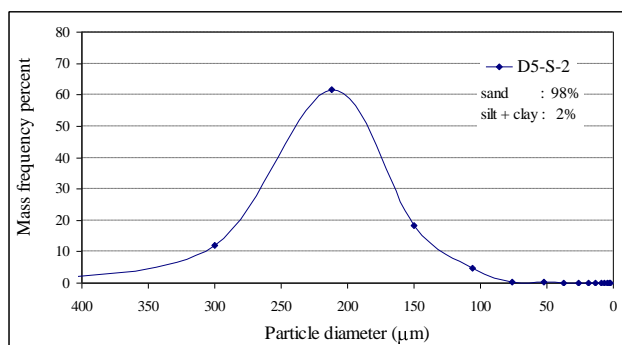
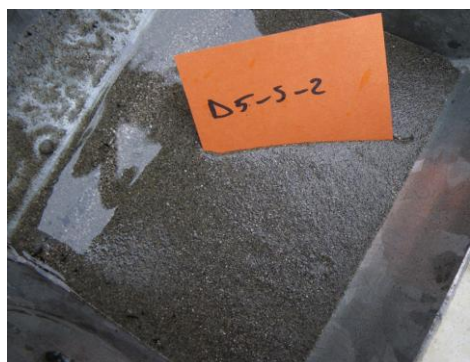
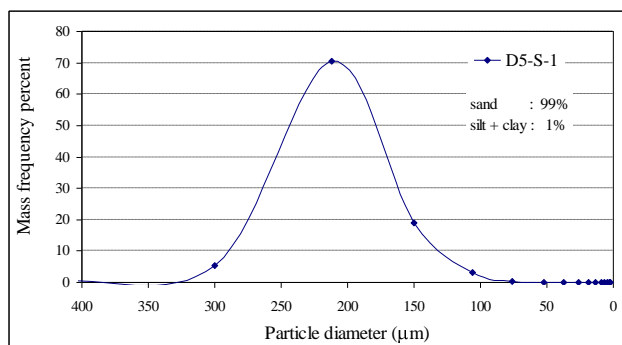
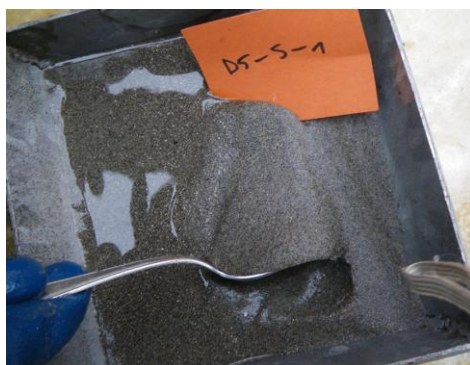


Figuur C-19. Referentiezone D4: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle vloed

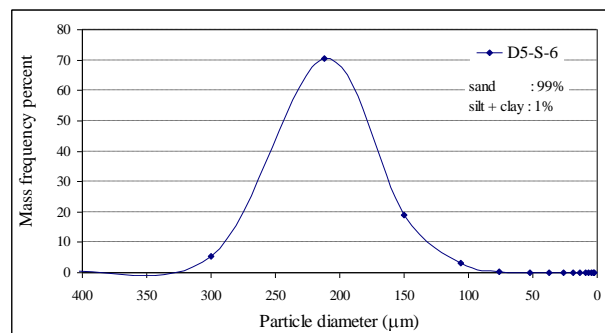
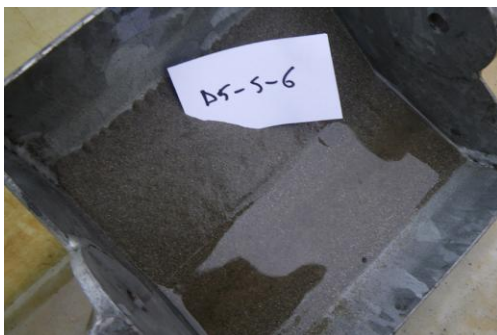
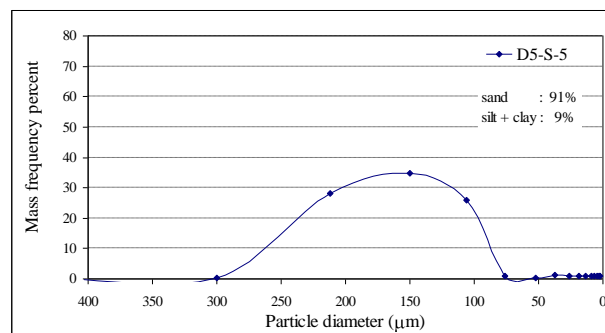
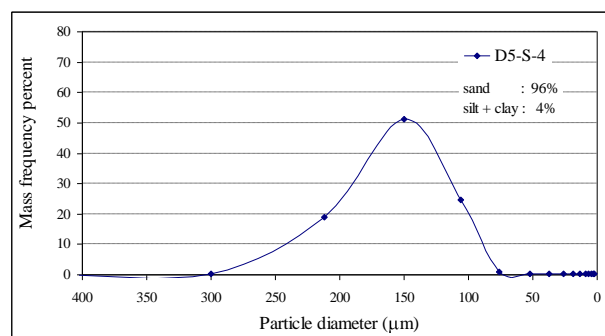
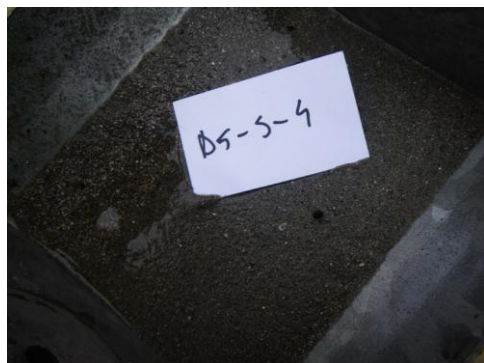
C.5 Zand bodem – referentiezone D5



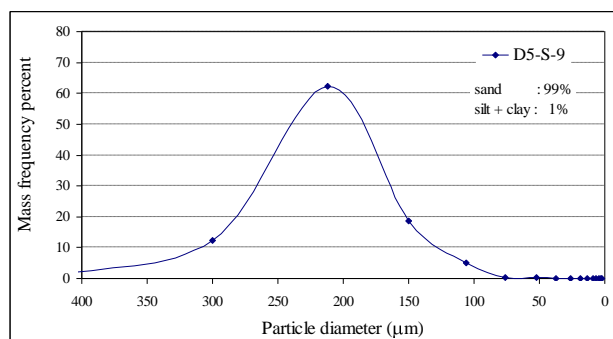
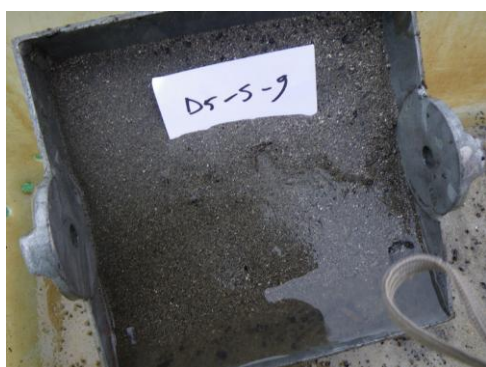
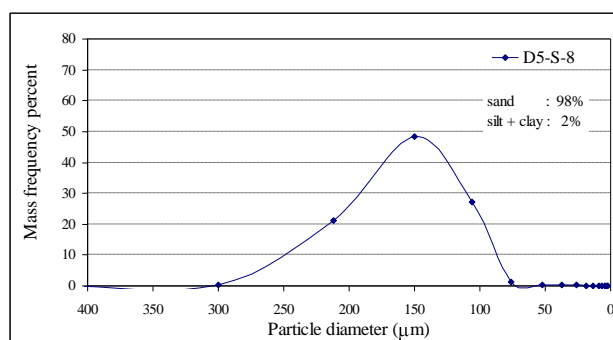
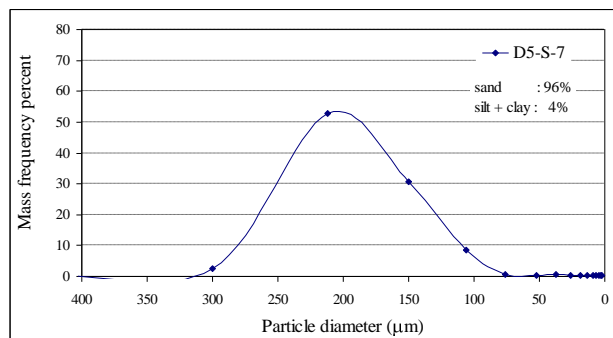
Figuur C-20 Referentiezone D5: sediment korrelgrootteverdeling van de Van Veen samples.



Figuur C-21 Referentiezone D5: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij volle eb



Figuur C-22 Referentiezone D5: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipek samples bij laagwaterkentering



Figuur C-23 Referentiezone D5: sediment korrelgrootteverdeling van de Shipex samples bij volle vloed

Bijlage D Calibratie analyseresultaten: densiteitsprofielen en structuur bodem

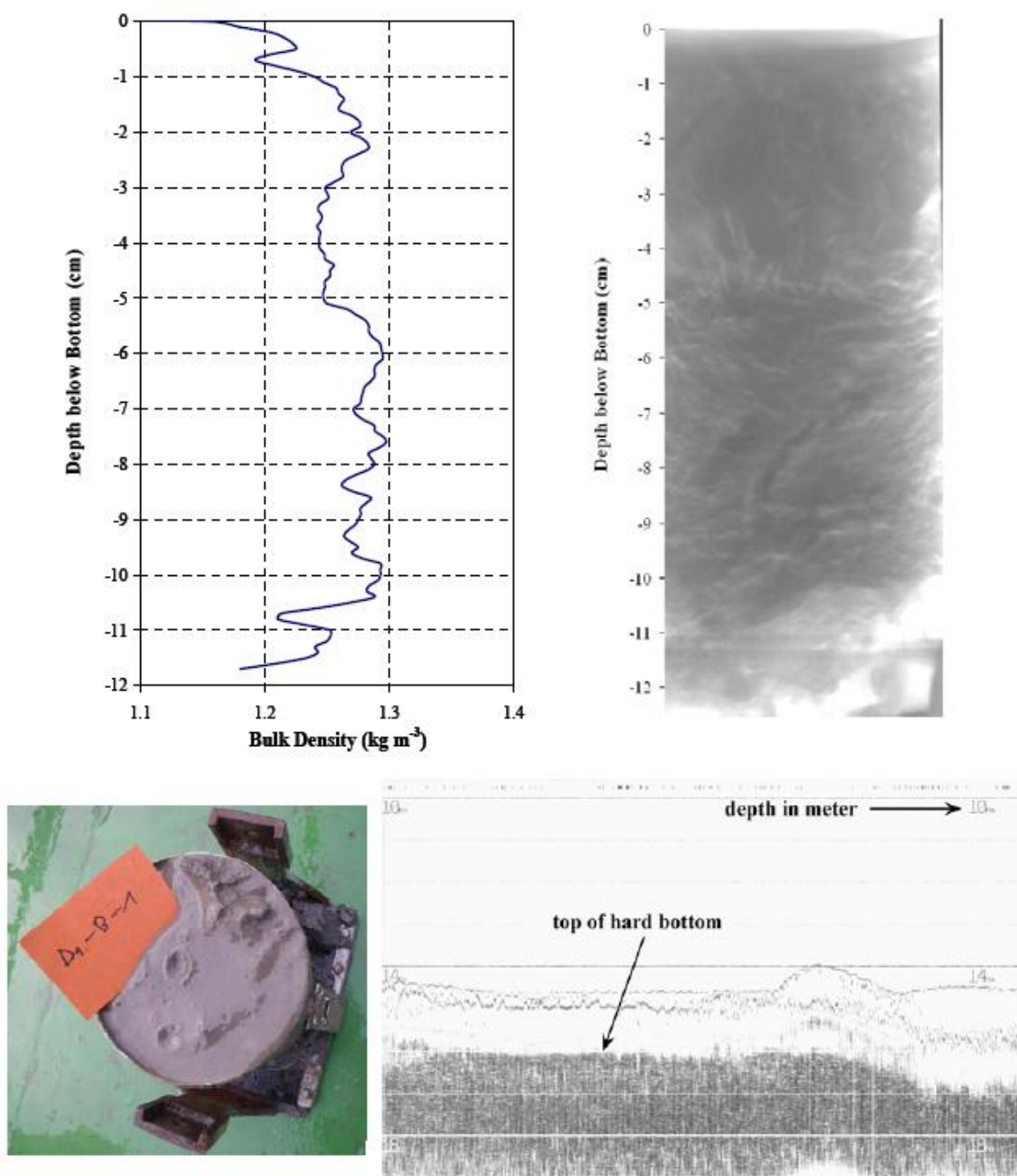
D.1 Slib bodem – Referentiezone 1 (D1)

De toegang tot de Kallosluis werd gekozen als calibratielocatie 1 – een slibrijke omgeving. De bulk dichtheidsmeting en de analyse van het radiografische beeld gaven aan dat de toplaag van het sediment zeer uniform is. De dichtheidsprofielen vertoonden waarden rond 1.2 tot 1.3 kg m⁻³. Deze waarden zijn vrij hoog voor het slib uit de Kallosluis, mogelijks als gevolg van het feit dat de zware Reineck box corer doorgedrongen is tot een lager gelegen niveau in het slib en daarbij de eigenlijke toplaag, bestaande uit een zeer vloeibaar en zachte bodemlaag niet bemonsterd werd.

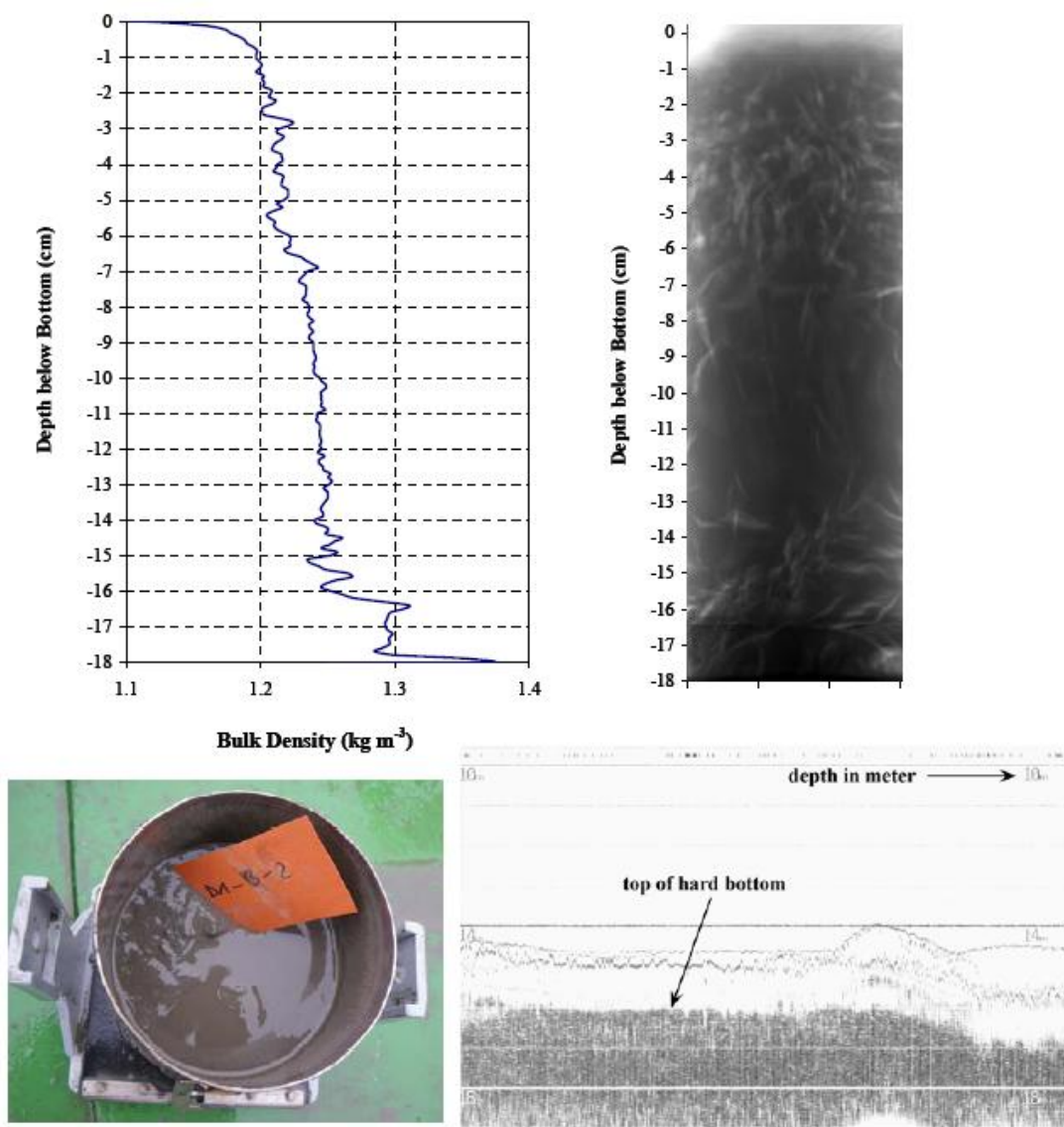
Gedurende de volle vloedstroom was de waterdiepte tussen het wateroppervlak en de zandige onderlaag 16 tot 17 m. De vloeibare sliblaag was ongeveer 1 m dik. De radiografische analyses van bodemstructuren in twee kernen (Figuur D-1 en Figuur D-2) toonden de aanwezigheid aan van langgerekte gasholtes. Deze zijn horizontaal georiënteerd in het onderste deel van de kernen, beneden 5 cm in kern D1-B-1 en beneden 14 cm in kern D1-B-2. Nochtans, in de bovenste lagen van de kernen zijn deze holtes vertikaal georiënteerd wat wijst op een ontsnappen van het gas dat naar de oppervlakte opstijgt. Instulpingen aan het sliboppervlak te zien op de foto's van de Reineck box corer stalen zijn waarschijnlijk gevormd door gevallen waterdruppels, niet door het ontsnappen van gas. De bulk dichtheidsprofielen van het bodemsediment tonen aan dat veranderingen in dichtheid vooral te wijten zijn aan de aanwezigheid van deze gasholtes. Men kan opmerken dat waar de gasholtes horizontaal georiënteerd zijn de dichtheid relatief hoger is (1.3 kg m⁻³) dan daar waar ze vertikaal georiënteerd zijn (1.25 kg m⁻³). In beide kernen daalt de dichtheid geleidelijk tot (1.1 kg m⁻³) nabij het sedimentoppervlak. Het ontsnappen van het gas kan een gevolg zijn van de staalname en de berging van de kernen.

Gedurende de stroomstilstand na de vloedfase was de waterdiepte 18.5 m. Het echogram toonde de aanwezigheid aan van een sliblaag met een dikte van meer dan 2 m. De dichtheidsbepaling en de radiografieën van de bodemstructuren toonden dezelfde resultaten (Figuur D-3 en Figuur D-4) als deze bekomen tijdens de vloedfase (Figuur D-1 en Figuur D-2)

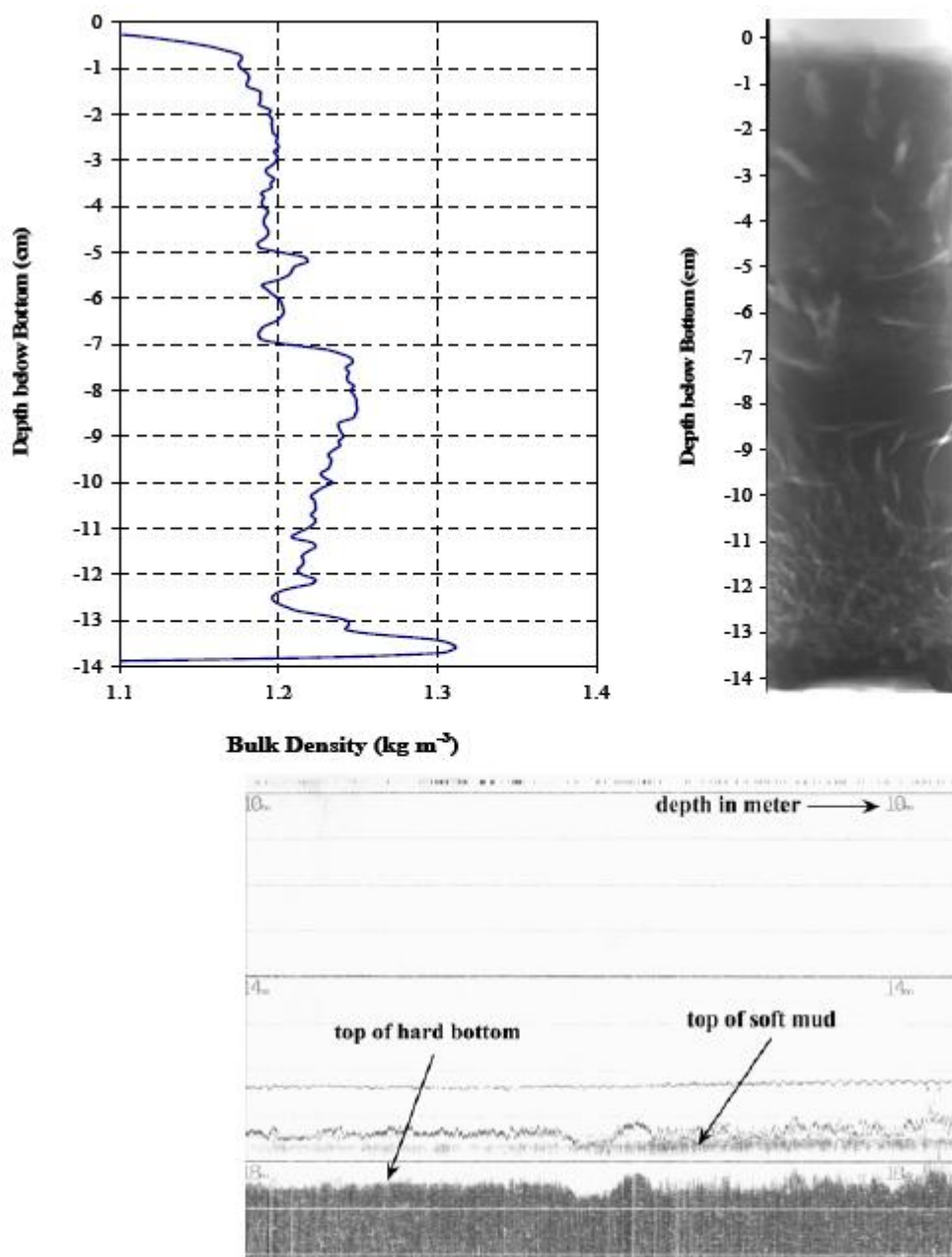
Gedurende de volle ebstroom was de waterdiepte ongeveer 16 m. De vloeibare sliblaag was ongeveer 1 m dik. De bepaling van de bulk dichtheid en de radiografische beelden vertoonden geen noemenswaardige verschillen met de resultaten bekomen tijdens de vloedfase en de fase van stroomstilstand (Figuur D-5 en Figuur D-6).



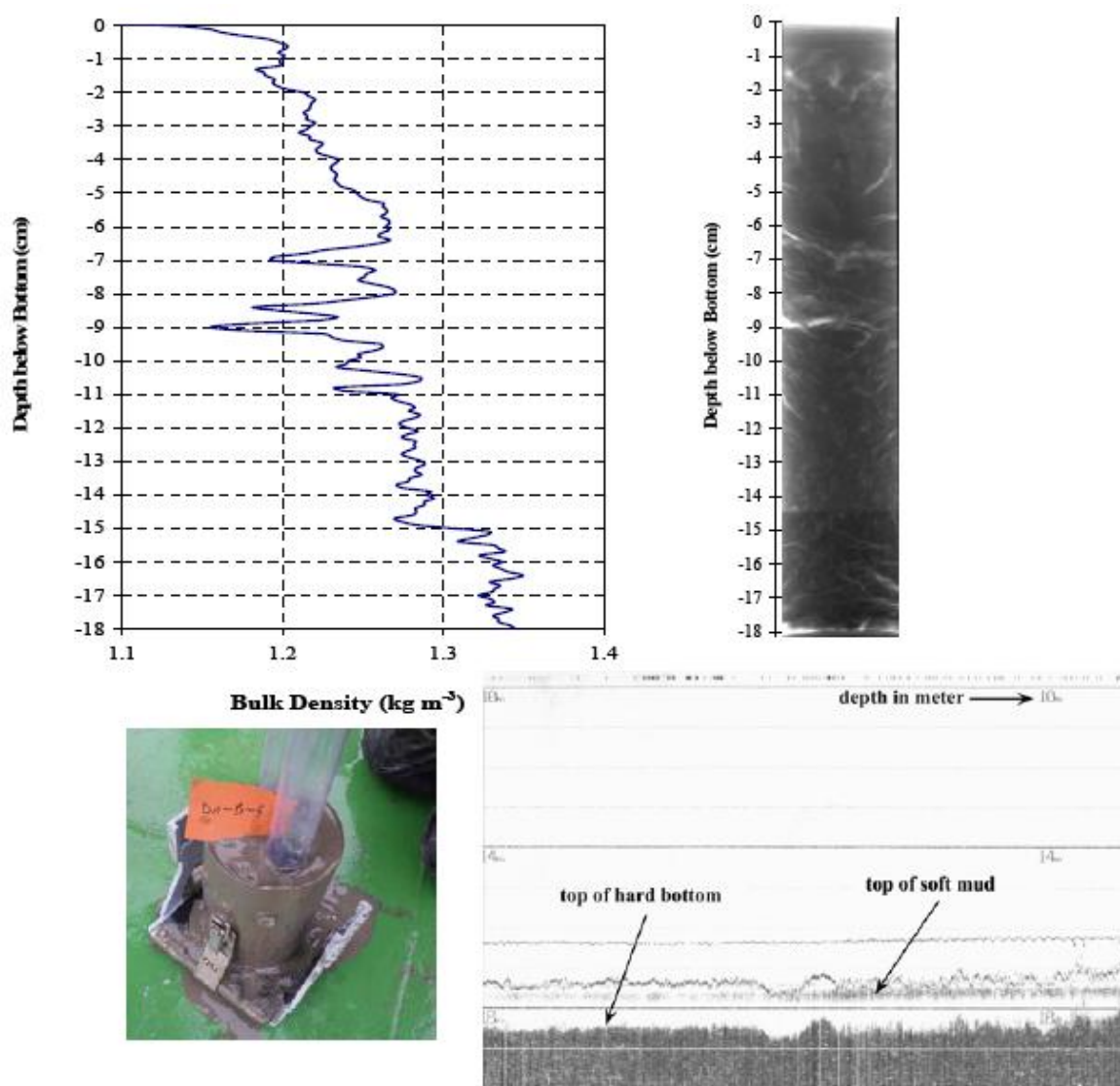
Figuur D-1 Locatie D1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D1-B-1, opgenomen bij volle vloedstroom.



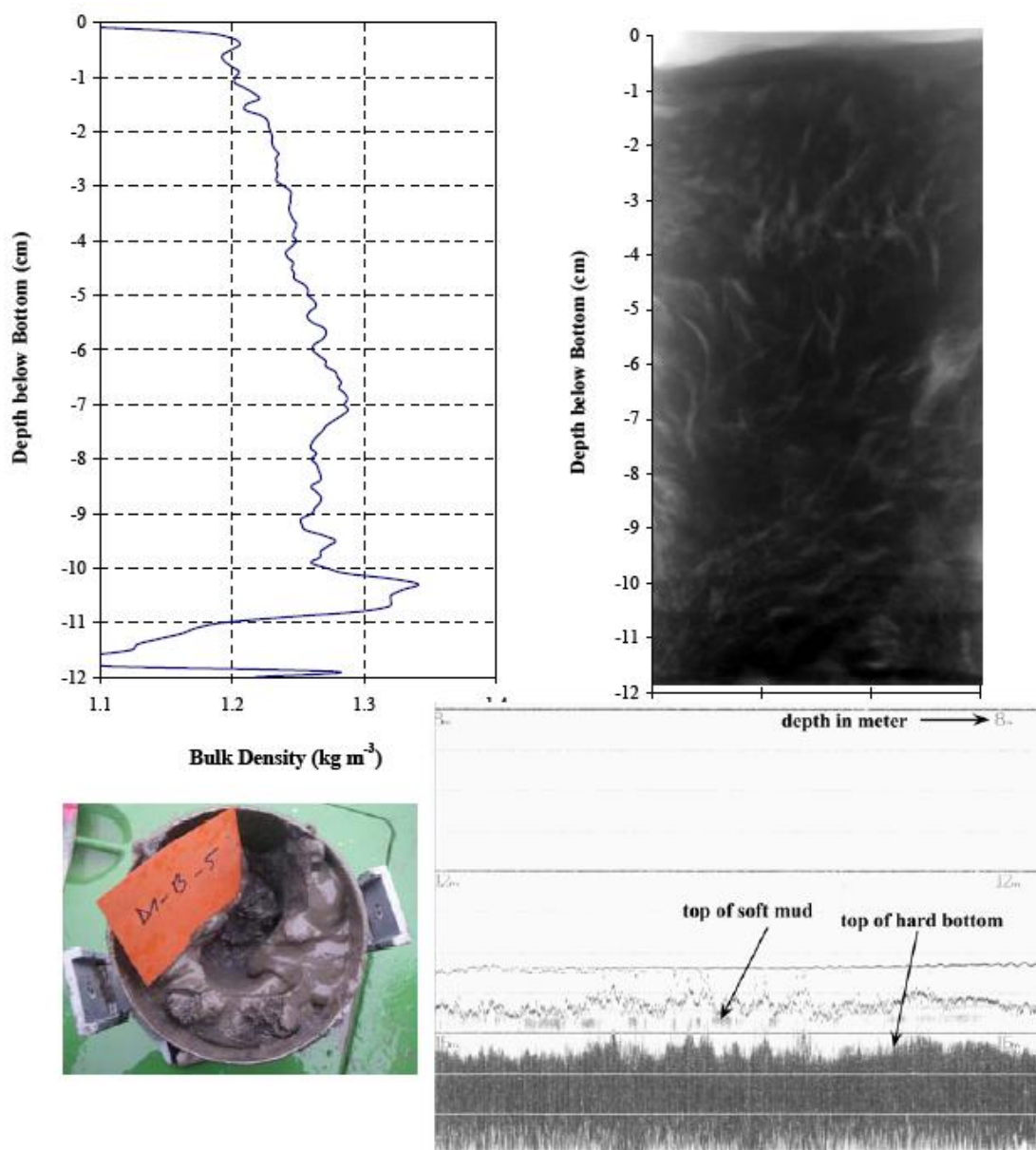
Figuur D-2 Locatie D1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D1-B-2, opgenomen bij volle vloedstroom.



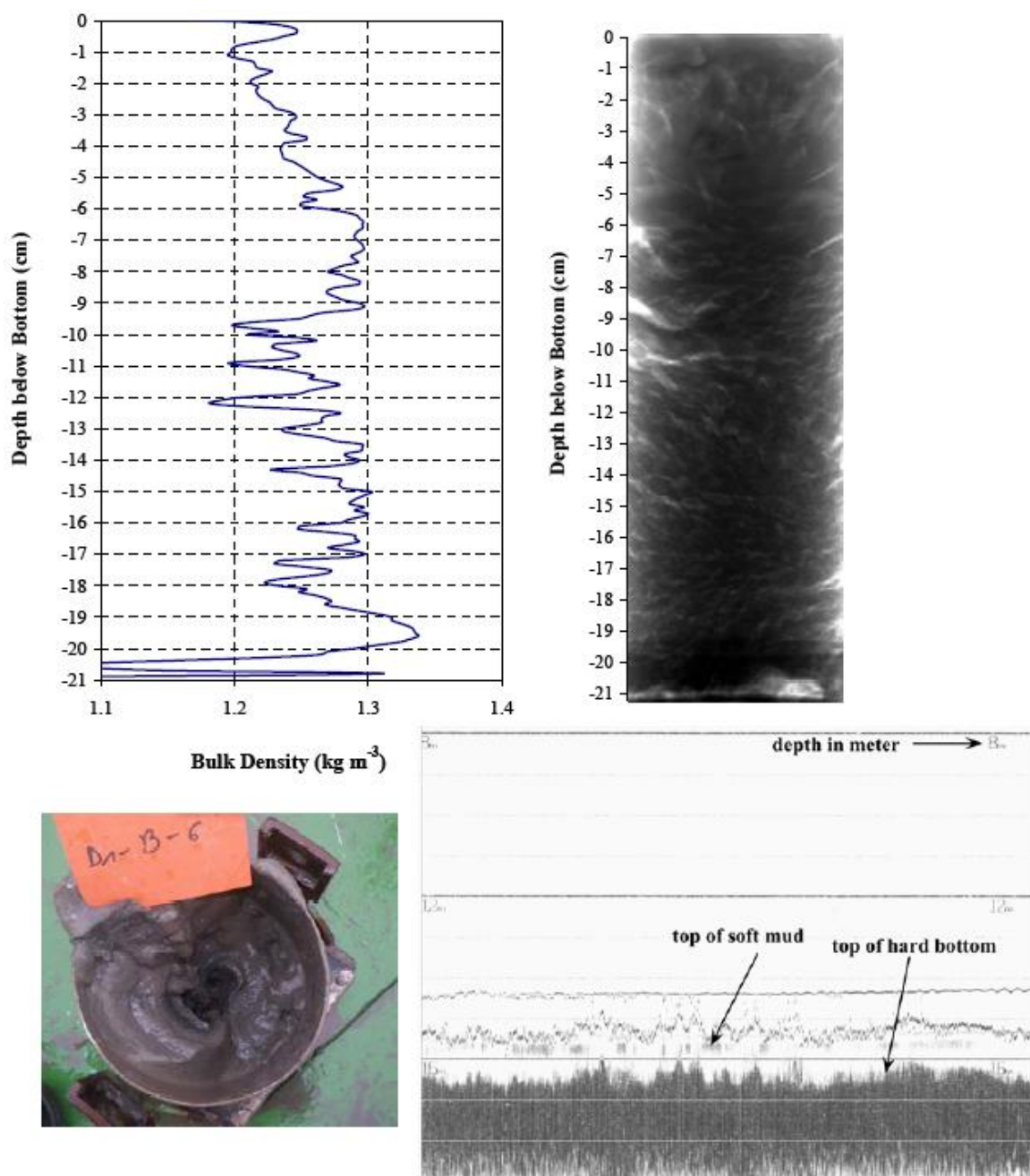
Figuur D-3 Locatie D1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), en echogram (beneden midden) voor kern D1-B-3, opgenomen bij stroomstilstand na vloed



Figuur D-4 Locatie D1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D1-B-4, opgenomen bij stroomstilstand na vloed.



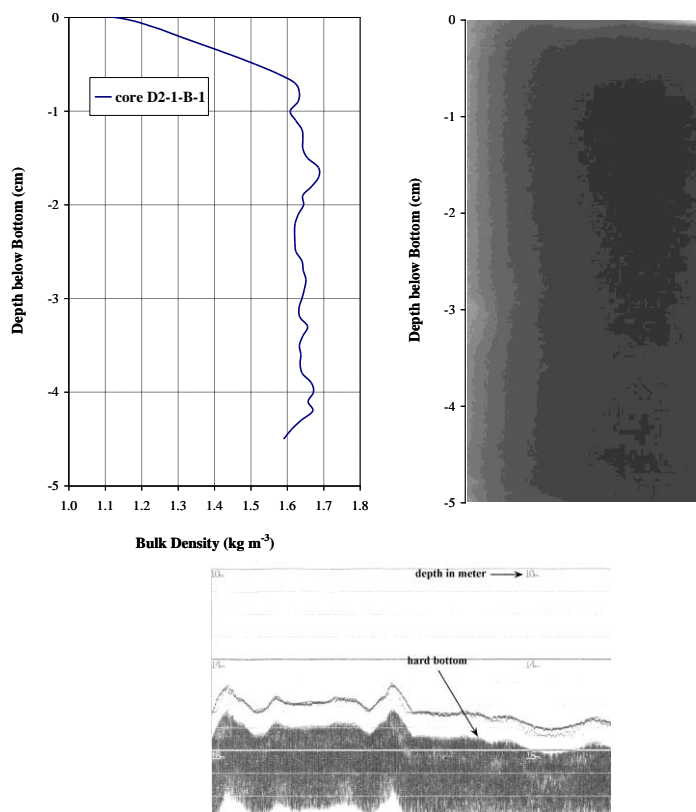
Figuur D-5 Locatie D1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D1-B-5, opgenomen bij volle ebstroom.



Figuur D-6 Locatie D1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D1-B-6, opgenomen bij volle ebstroom.

D.2 Harde bodem (grind en klei) – Referentiezones 2.1. en 2.2. (D2.1., D2.2.)

De omgeving Hoboken-Hemiksem werd gekozen als calibratielocatie 2 (D2) – een omgeving met een harde bodem. Dit type is onderverdeeld in twee klassen: harde bodem – grind (D2.1) en harde bodem – klei (D2.2). Gelet op de aard van deze harde bodems was het moeilijk om box corer stalen te nemen. Eén box corer staal werd genomen bij kentering.



Figuur D-7 Locatie D2.1 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D2.1-B-1, opgenomen bij kentering na vloed.

De bulk dichtheidsmeting en de radiografische analyse van de structuur van het bodemsediment werden uitgevoerd op kern D2.1-B-1 (Figuur D-7). Op het ogenblik van de staalname, bij kentering na vloed, was de waterdiepte tussen 17 en 18 m. De dichtheid verandert zeer weinig en bedraagt rond 1.65 kg m^{-3} . Een dunne laag van ongeveer 0.5 cm, met lage dichtheid wordt waargenomen aan de top van deze kern. Het radiografisch beeld toont een uitermate homogene structuur in overeenstemming met het grove karakter van deze sedimenten.

D.3 Zandhoudend slib bodem – Referentiezone 3 (D3)

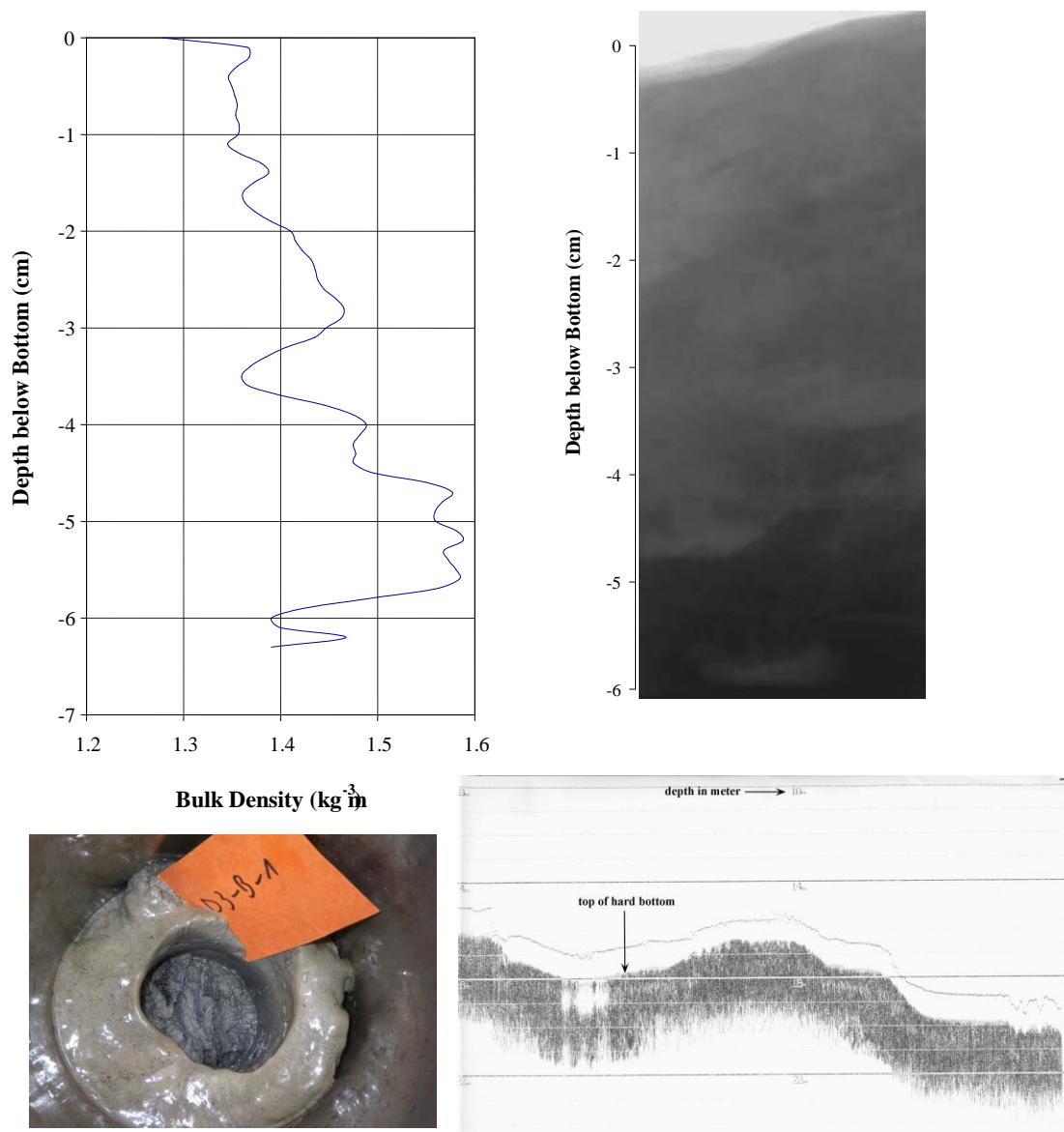
De omgeving van Doel-Lillo werd gekozen voor calibratielocatie 3 (D3) – een zandhoudende slib bodem.

Op deze calibratielocatie bedroegen de waterdieptes tussen 17 m en 18 m gedurende de volle vloedstroom en ongeveer 13 m gedurende de volle ebstroom (Figuur D-8 tot Figuur D-11). De echogrammen tonen een zeer vlakke bodem bedekt met een dunne laag slib (zwakke echo) dat vooral kleine depressies in de bodem opvult. De bulk dichtheidsmeting en de radiografische analyse van de structuren in het bodemsediment werden uitgevoerd op 4 kernen verzameld gedurende de volle stroom zowel bij vloed als bij eb (Figuur D-8 tot Figuur D-11).

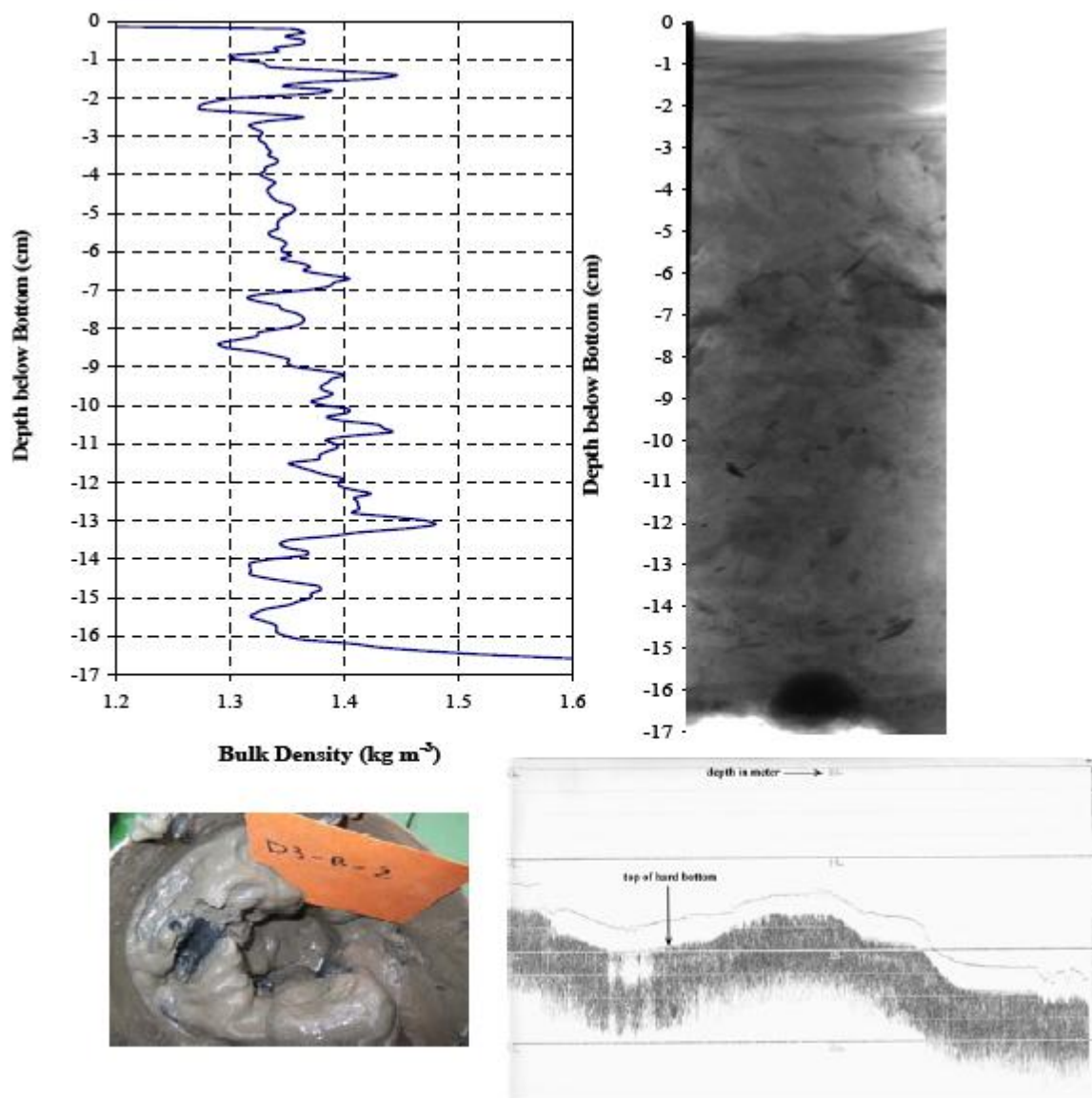
De radiografische analyse van het bodemsediment laat een duidelijke structuur zien van afwisselende zand (donker gekleurde banden) en slib (licht gekleurde banden) lagen. Die afwisseling van sedimentlagen is ook goed waarneembaar op het dichtheidsprofiel dat hoge dichtheden toont waar de donkere zandbanden voorkomen en een lage dichtheid waar de lichtgekleurde slibbanden gevonden worden (Figuur D-8 tot Figuur D-11).

In kern D3-B-1 (Figuur D-8) komen meerdere sedimentlagen voor. Het bovenste deel van de kern, van 0 tot 4.5 cm, vertoont meerdere lagen met een dichtheid variërend van 1.35 tot 1.5 kg m⁻³. Het onderste deel van deze kern, van 4.5 tot 6 cm, heeft een dichtheid tussen 1.5 en 1.6 kg m⁻³. Alleen een twee centimeter dikke toplaag van kern D3-B-2 heeft een duidelijke fijne gelaagdheid, het overige deel van deze kern vertoont een uitgesproken brokkelige structuur die iedere mogelijke gelaagdheid verdoezelt (Figuur D-9).

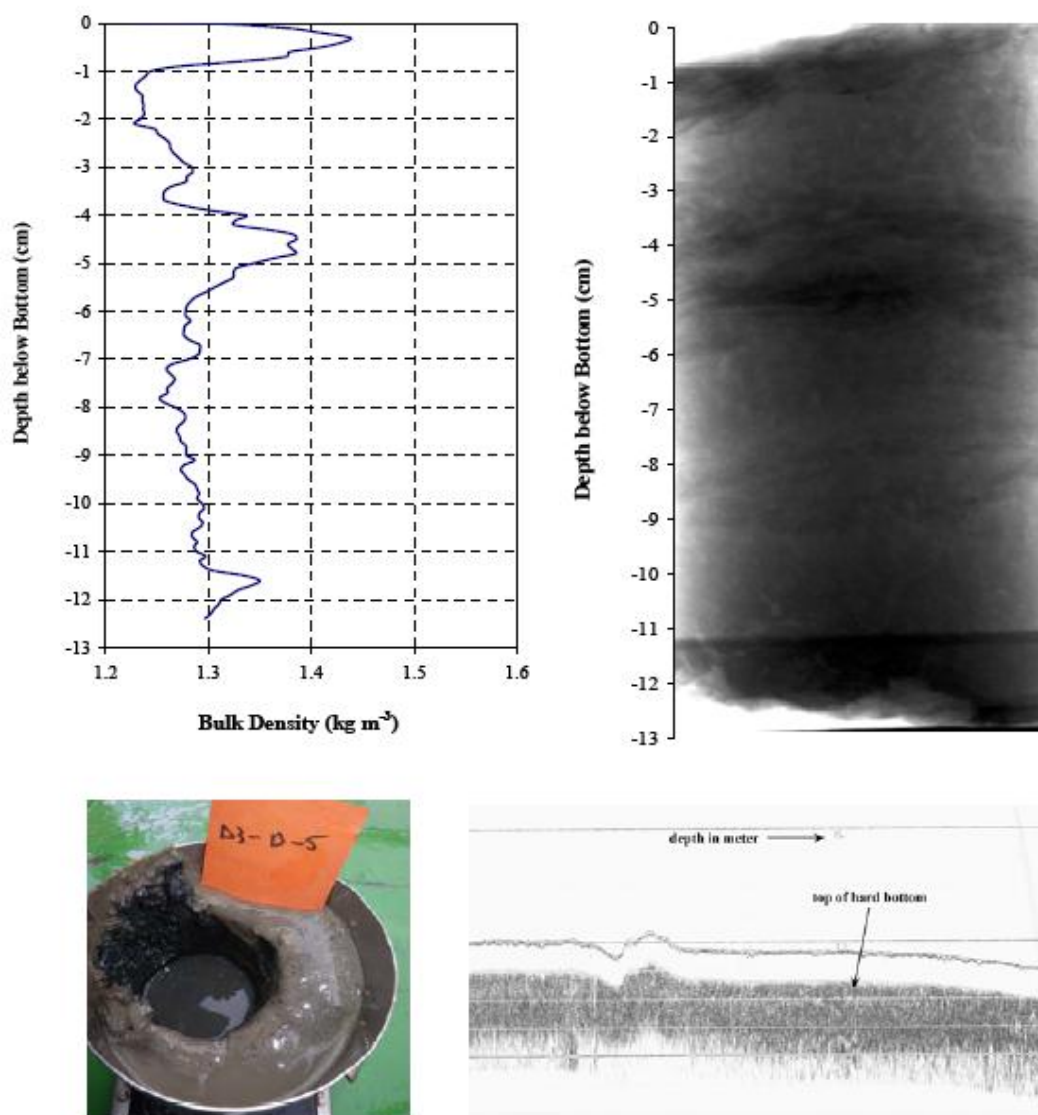
De kernen bemonsterd tijdens de volle ebstroom, kernen D3-B-5 en D3-B-6 (Figuur D-10 en Figuur D-11), tonen duidelijk een gelaagde structuur met een dichtheid die varieert tussen 1.3 en 1.5 kg m⁻³. De dikte van deze lagen gaat van minder dan een centimeter tot meerdere centimeters. Opmerkelijk is dat een aantal graafsporen van benthische dieren waargenomen worden in de bovenste 3 cm van kern D3-B-6.



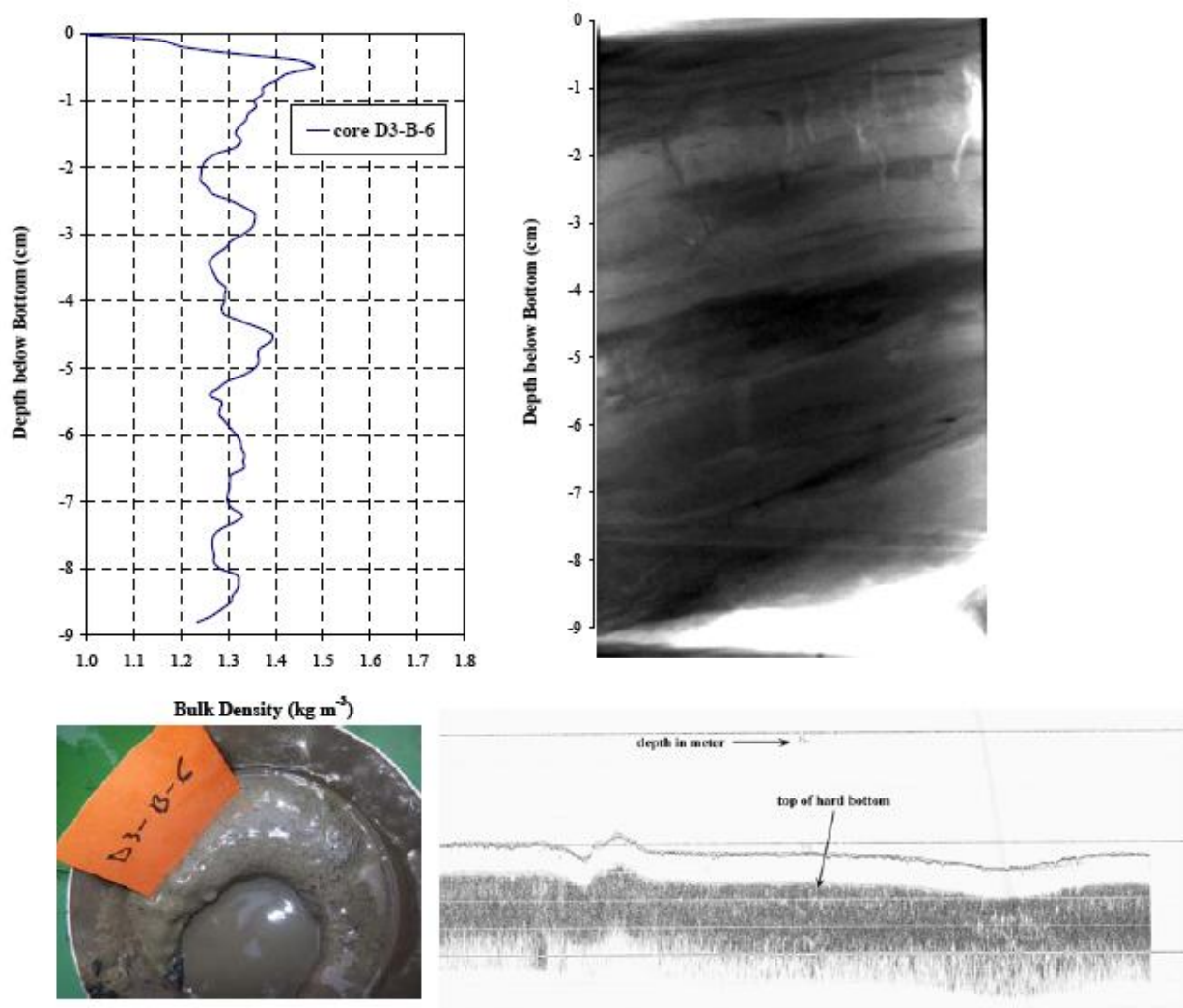
Figuur D-8 Locatie D3 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D3-B-1, opgenomen bij volle vloedstroom.



Figuur D-9 Locatie D3 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D3-B-2, opgenomen bij volle vloedstroom.



Figuur D-10 Locatie D3 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D3-B-5, opgenomen bij volle ebstroom.



Figuur D-11 Locatie D3 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D3-B-6, opgenomen bij volle ebstroom.

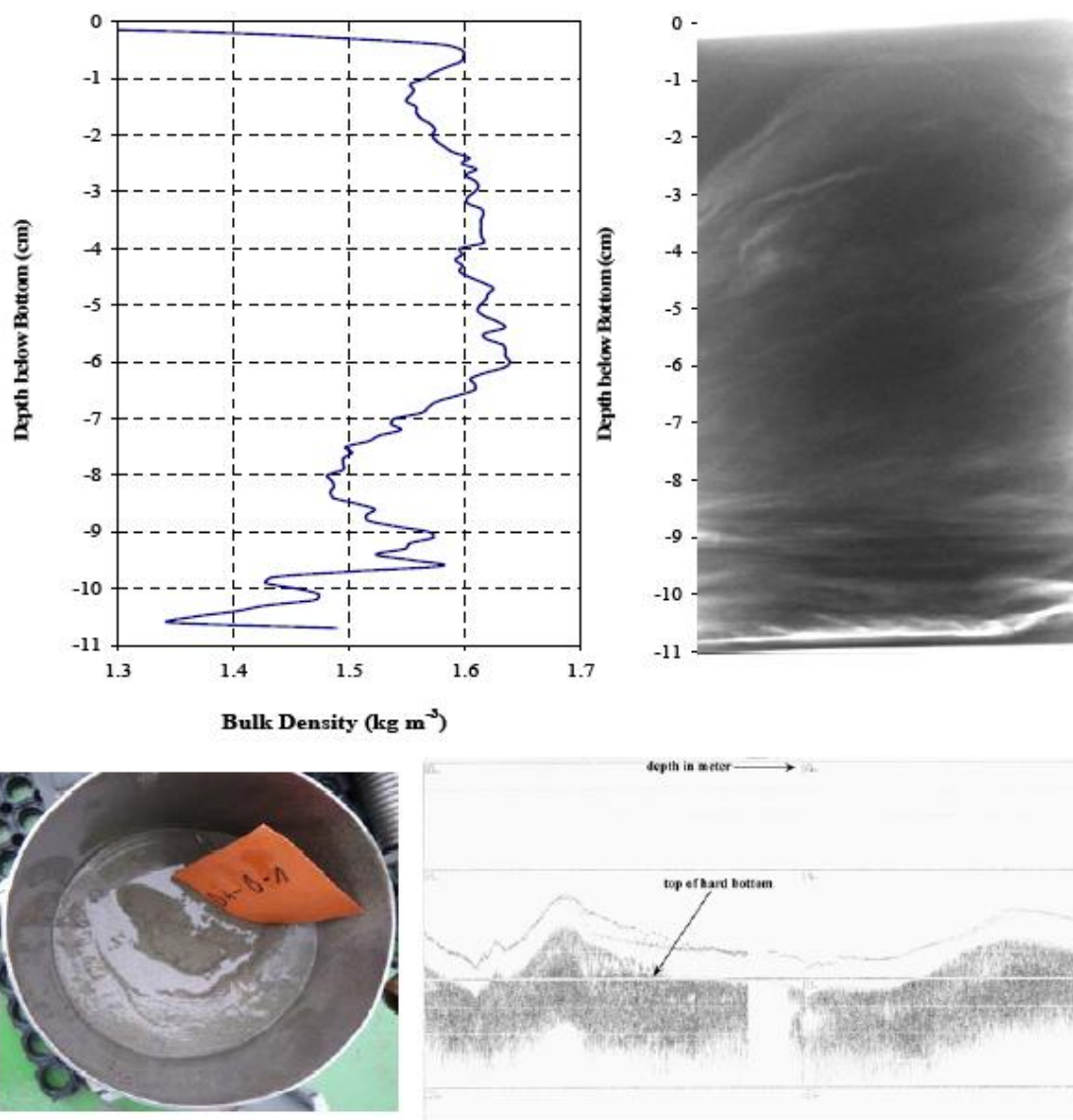
D.4 Slibhoudend zand bodem – Referentiezone 4 (D4)

Locatie D4 is gesitueerd in een slibhoudend zand omgeving. De omgeving van Doel – Lillo werd geselecteerd als calibratielocatie.

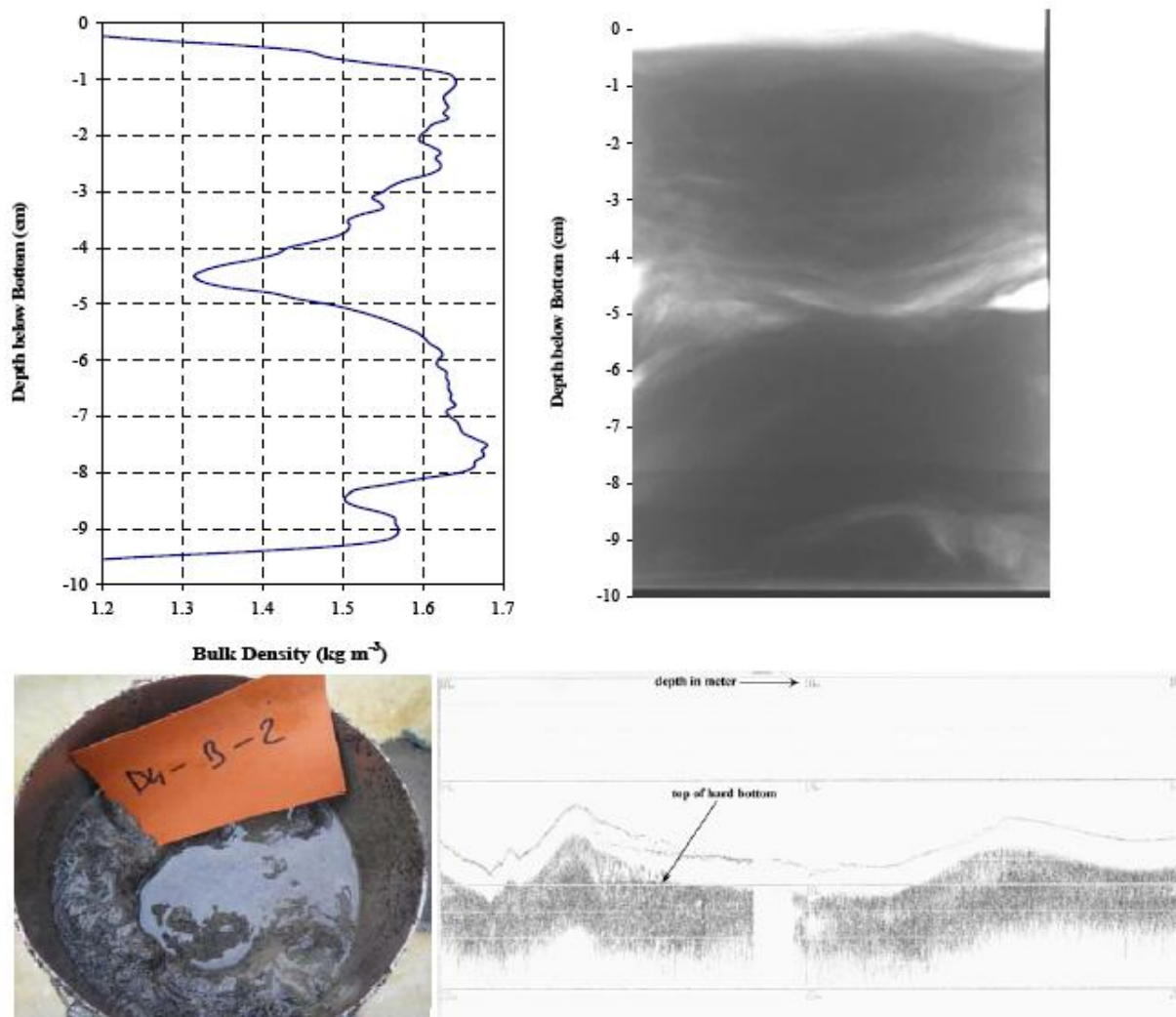
De waterdieptes opgemeten met het echolood bedroegen in deze omgeving ca. 18 m gedurende de volle ebstroom en in de buurt ca. 15 m gedurende de volle vloedstroom (Figuur D-12 tot Figuur D-17).

De bulk dichtheid van het bodemsediment ligt in een hetzelfde bereik als deze gemeten werden op locatie 3. De dichtheid varieert tussen 1.3 en 1.6 kg m⁻³.

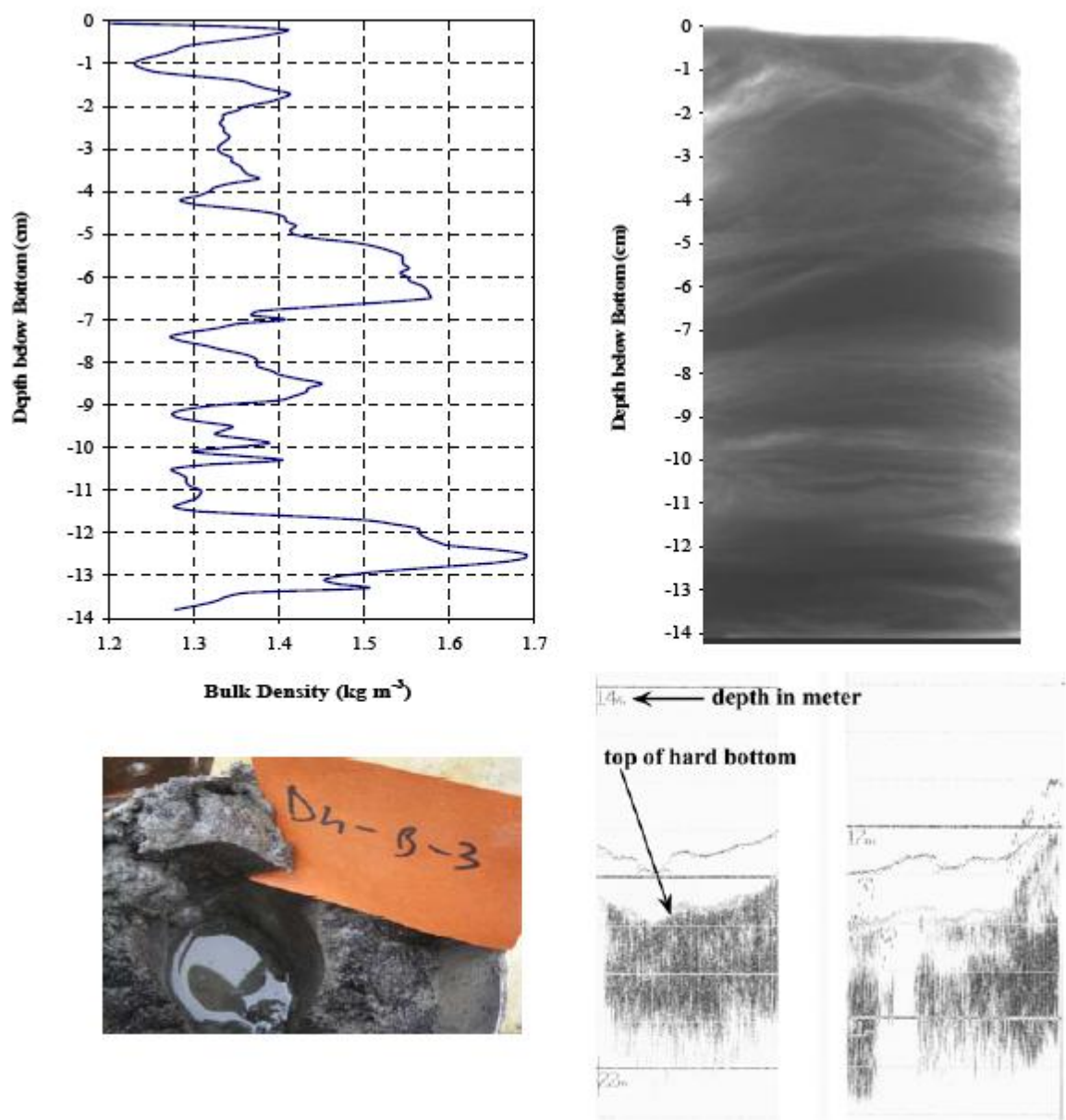
De radiografische analyse van het bodemsediment vertonen geen significante verschillen tussen kernen genomen op verschillende fasen van het tij (Figuur D-12 tot Figuur D-17). In het algemeen vertoont het bodemsediment een structuur van afwisselende lagen zand (donker gekleurd) en slib (licht gekleurd). Deze afwisseling van laagjes, verschillend in dikte, zijn terug te vinden in de dichtheidsprofielen. Hoge dichtheden stemmen overeen met donkere laagjes (zand) op het radiografisch beeld en lage dichtheden met lichte laagjes (slib) (Figuur D-12 tot Figuur D-17).



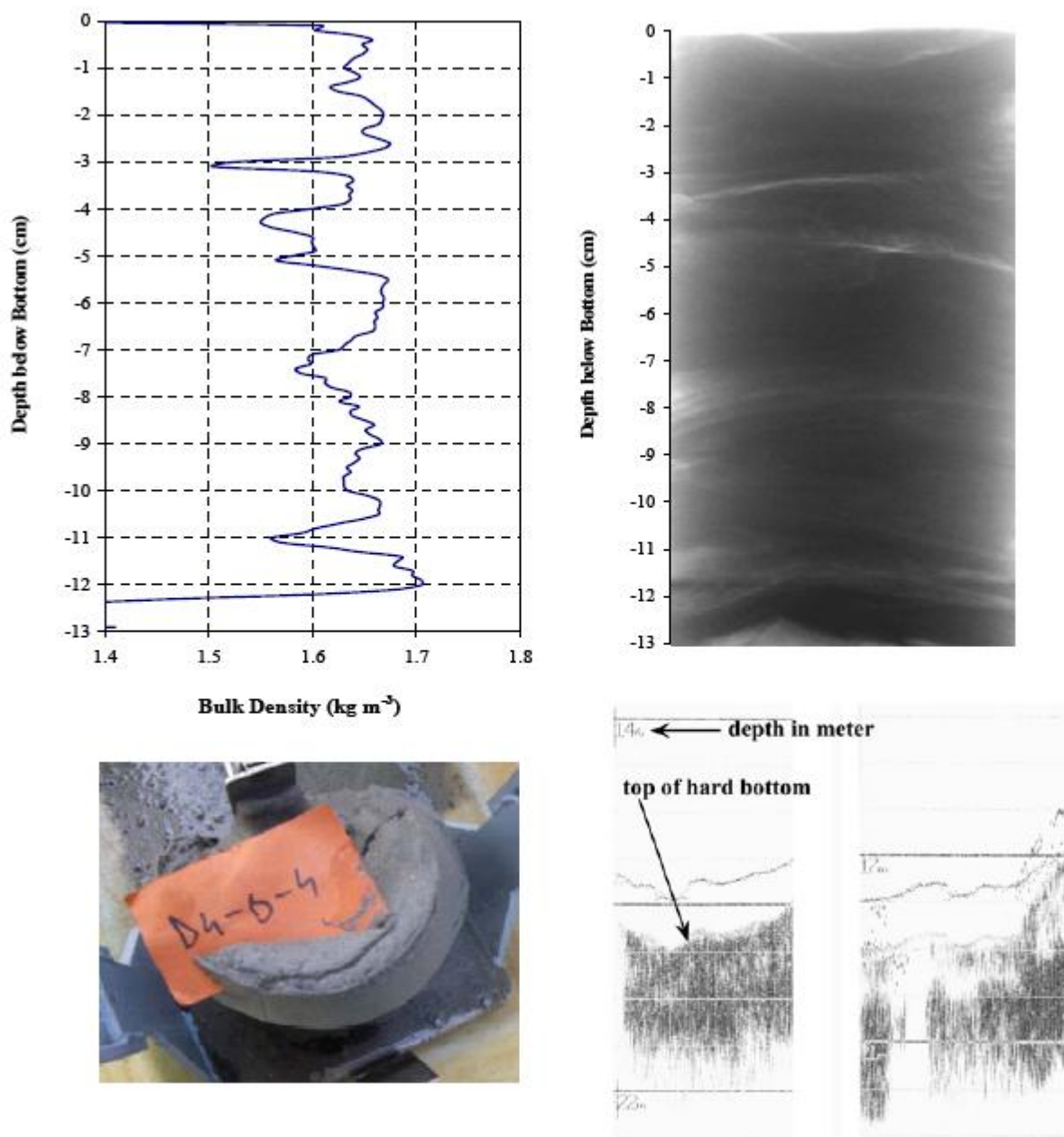
Figuur D-12 Locatie D4 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D4-B-1, opgenomen bij volle ebstroom .



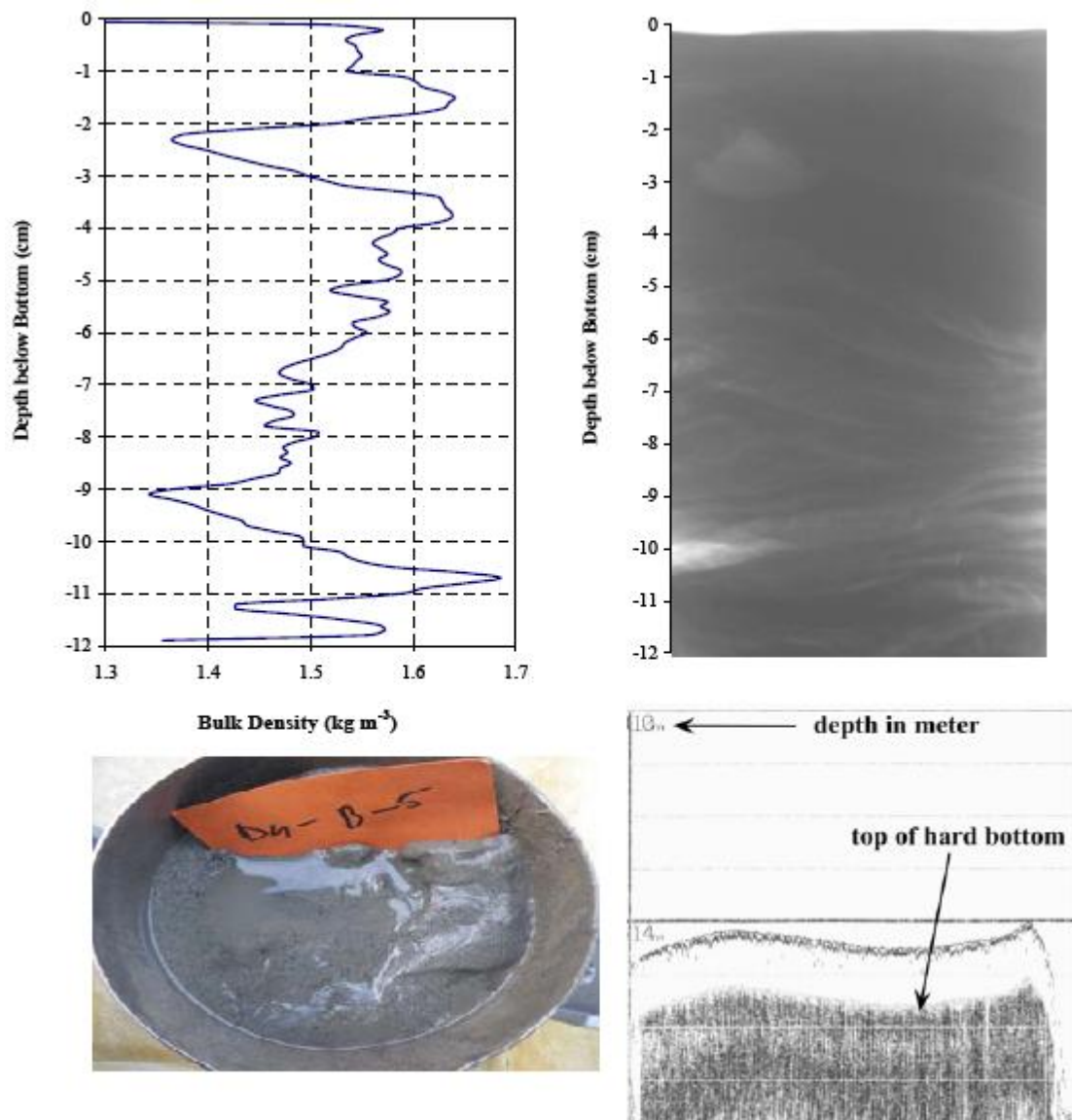
Figuur D-13 Locatie D4 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D4-B-2, opgenomen bij volle ebstroom .



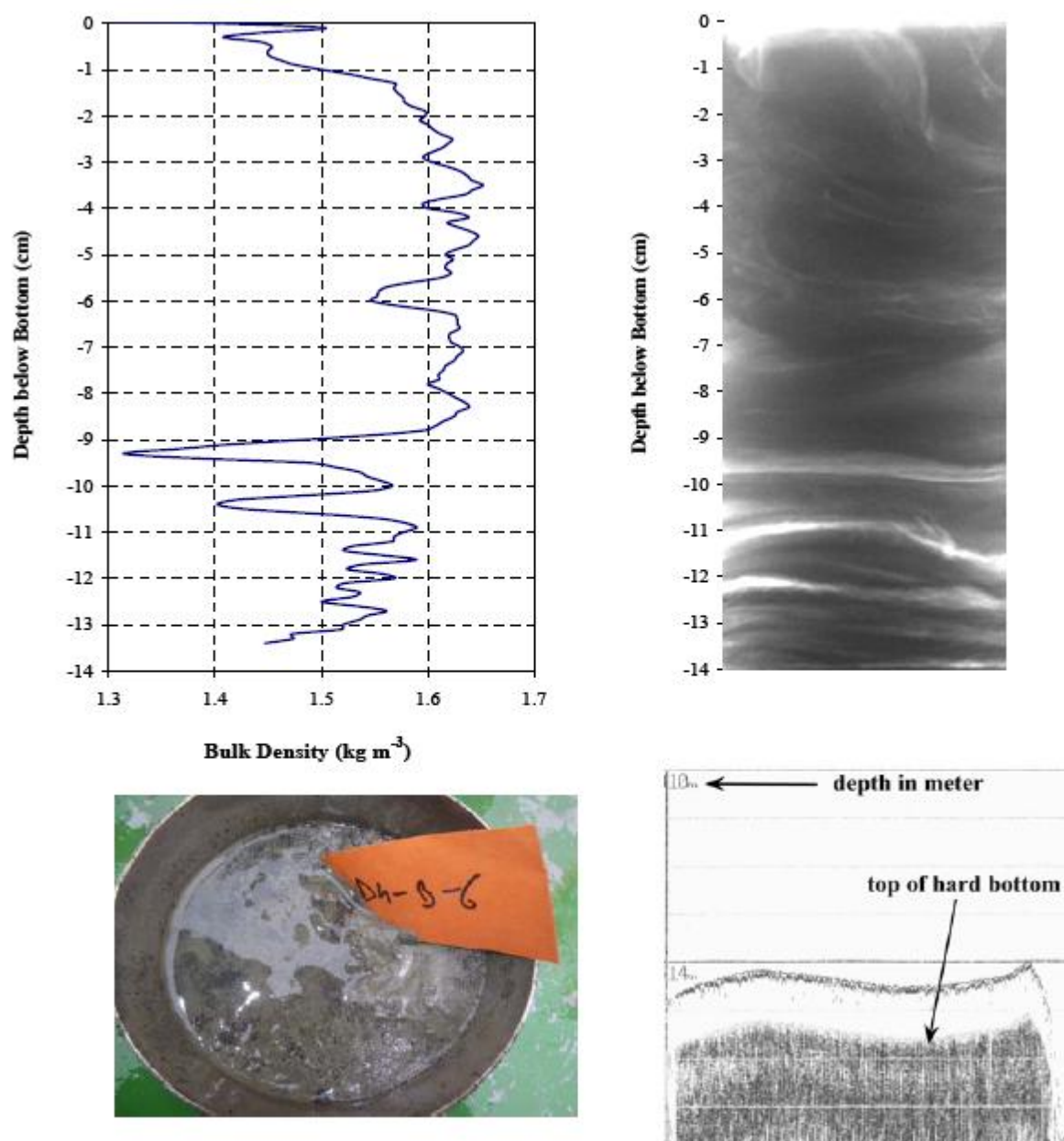
Figuur D-14 Locatie D4 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D4-B-3, opgenomen bij stroomstilstand na eb.



Figuur D-15 Locatie D4 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D4-B-4, opgenomen bij stroomstilstand na eb.



Figuur D-16. Locatie D4 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D4-B-5, opgenomen bij volle vloedstroom.



Figuur D-17 Locatie D4 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D4-B-6, opgenomen bij volle vloedstroom.

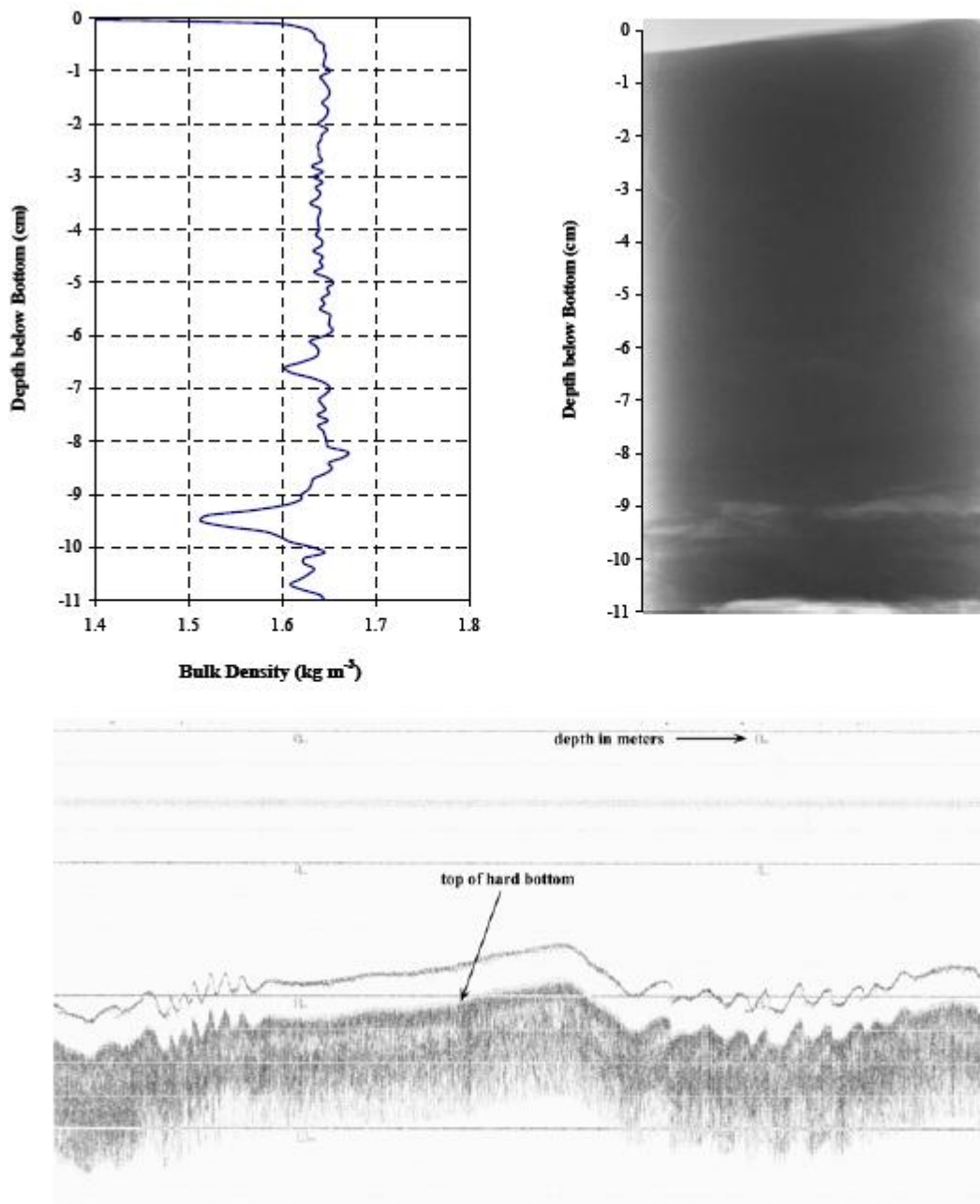
D.5 Zand bodem – Referentiezone 5 (D5)

De omgeving van Doel – Lillo werd gekozen voor calibratielocatie 5 (D5) – een zand bodem omgeving.

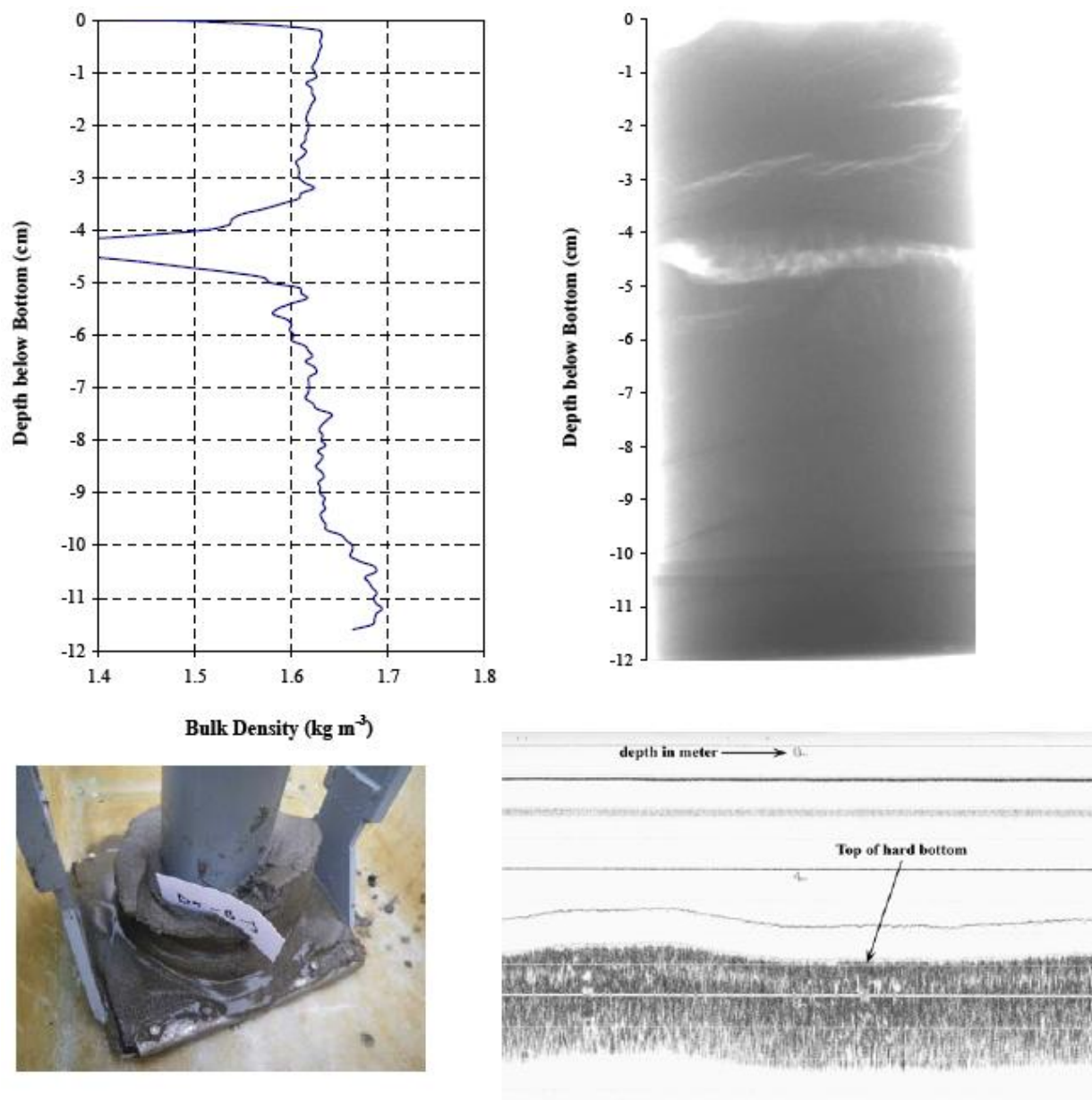
Op deze locatie bedroeg bij volle ebstroom de waterdiepte ongeveer 8 m, bij volle vloedstroom ongeveer 12 m (Figuur D-18 tot Figuur D-23).

Het echogram toonde aan dat stroomribbels voorkwamen bij volle ebstroom. De ribbelhoogte bedroeg ongeveer 1 m. Deze ribbels kwamen voor aan de top van een grote zandduin met een hoogte van ongeveer 4 m (Figuur D-18). Rond stroomstilstand en bij volle vloedstroom werd een eerder vlakke bodem waargenomen (Figuur D-19 tot Figuur D-23). De staalnamelocaties liggen echter 60 m uit elkaar, dus het verschil in morfologie is hoogstwaarschijnlijk een lokaal verschil dan te wijten aan een verschillend tijdstip in de getijcyclus.

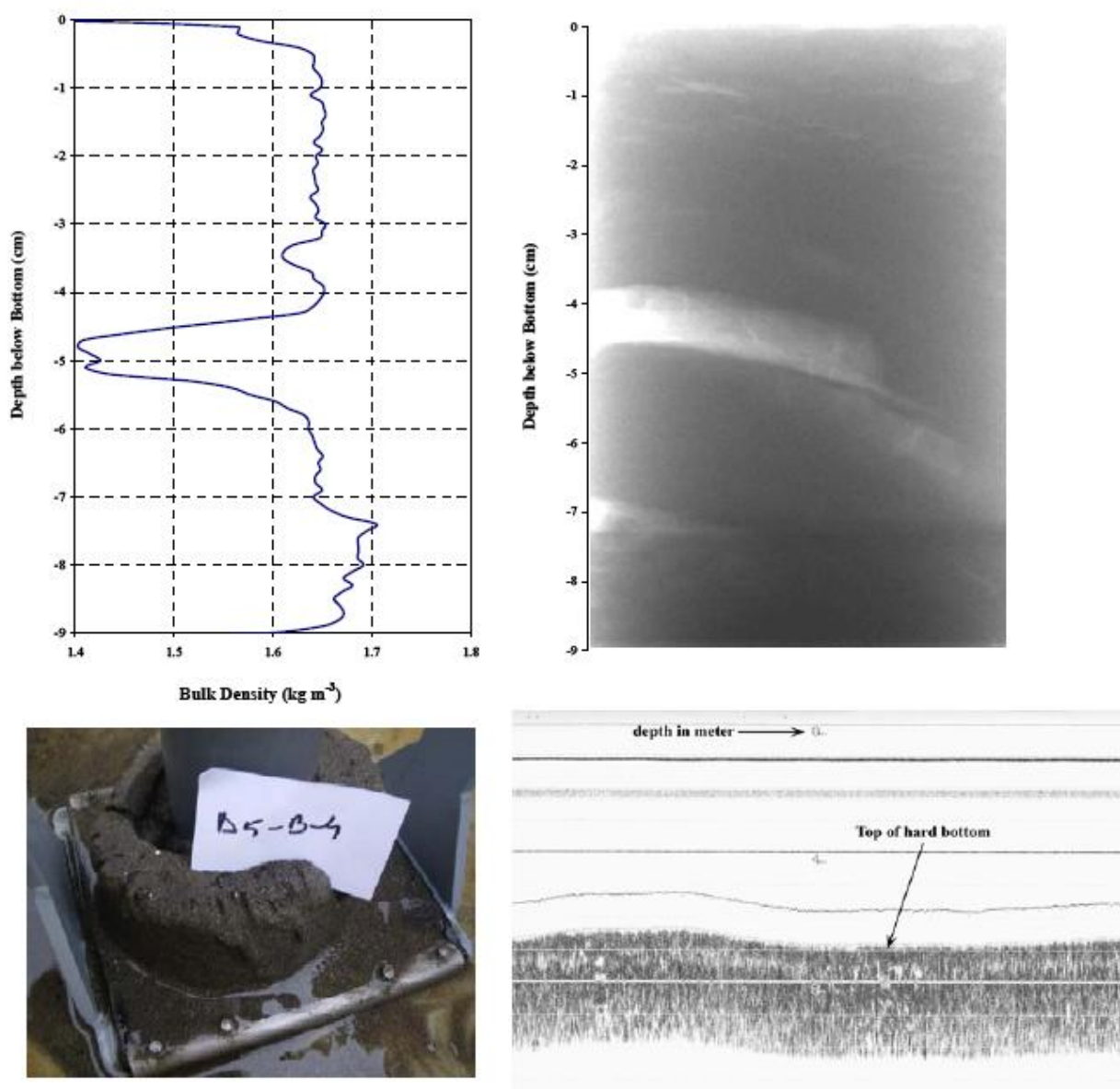
De bulk dichtheid van het bodemsediment en de radiografische analyse tonen twee verschillende scenario's. Het eerste is terug te vinden in kernen D5-B-1, D5-B-3, D5-B-4 en D5-B-5 (Figuur D-18 tot Figuur D-21) en toont een redelijk uniform dichtheidsprofiel met dichtheden tussen 1.6 and 1.7 kg m⁻³ waarin enkele dunne sediment laagjes met lage dichtheid voorkomen (ca. < 1,4 kg m⁻³). Het tweede is terug te vinden in kernen D5-B-6 en D5-B-R3 (Figuur D-22 tot Figuur D-23) en heeft een lager dichtheidsprofiel en een brokkelige textuur vergelijkbaar met waarnemingen op locatie D3 (Figuur D-9).



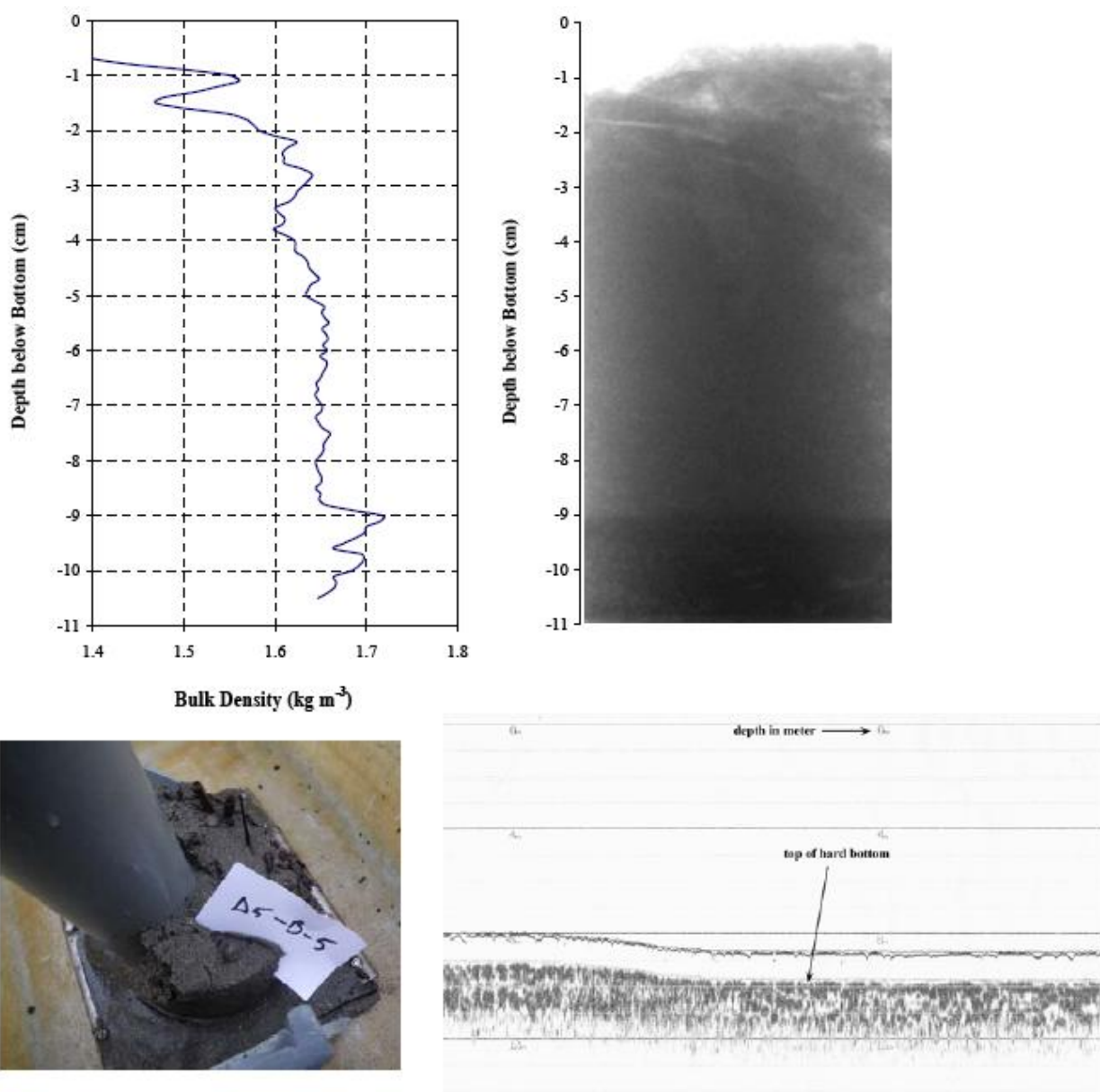
Figuur D-18 Locatie D5 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), en echogram (beneden midden) voor kern D5-B-1, opgenomen bij volle ebstroom.



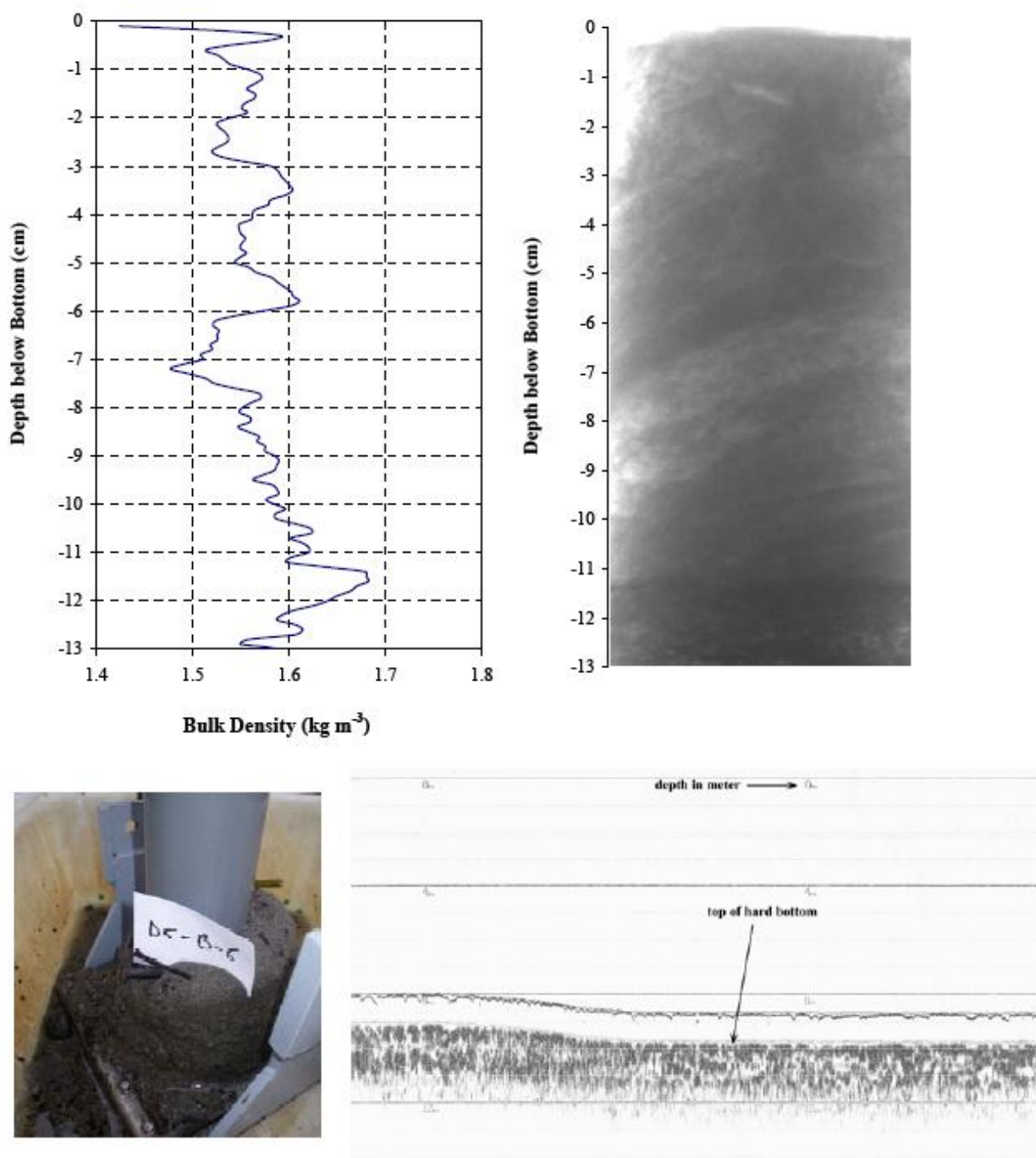
Figuur D-19 Locatie D5 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D5-B-3, opgenomen bij stroomstilstand na eb.



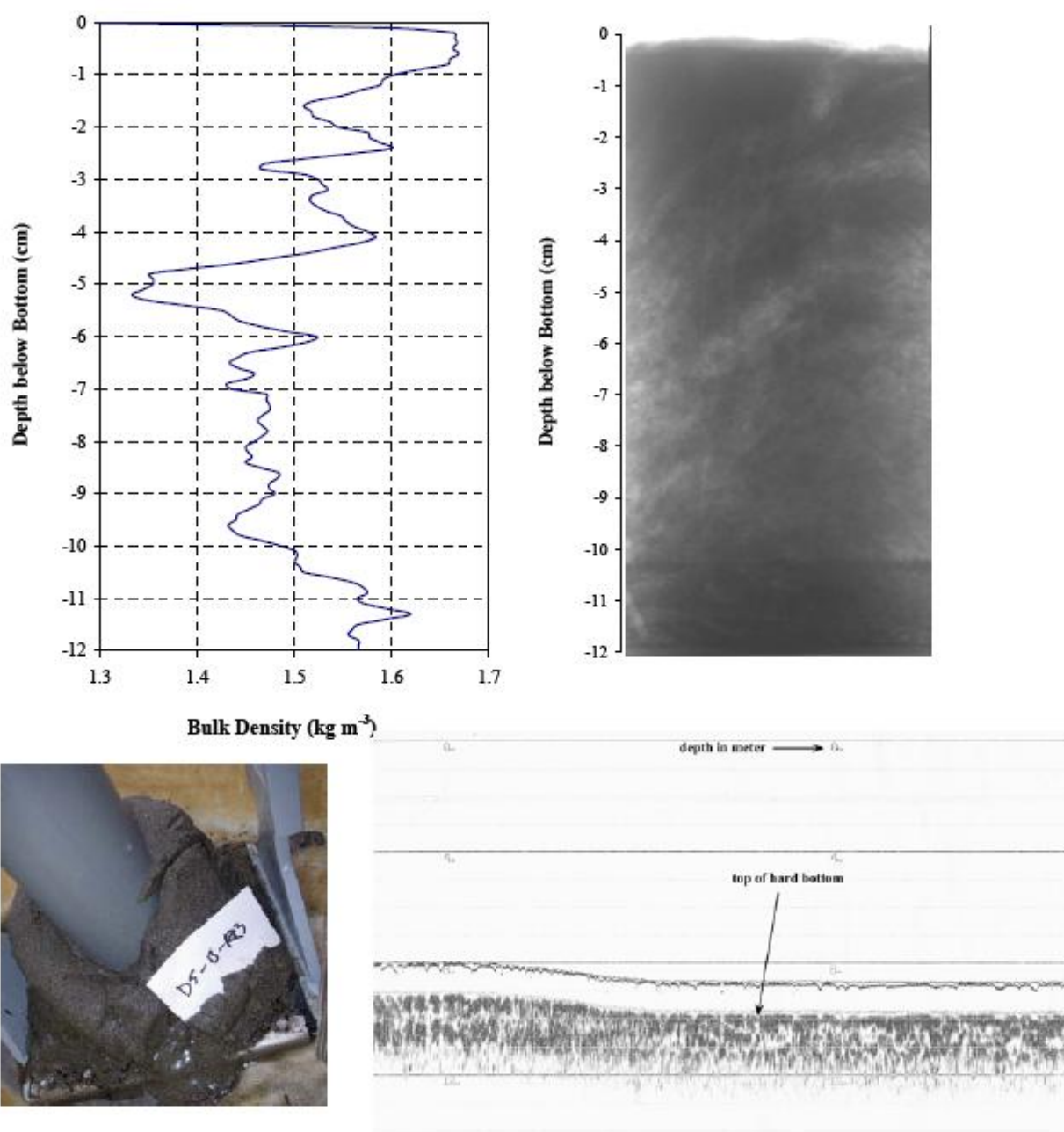
Figuur D-20 Locatie D5 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D5-B-4, opgenomen bij stroomstilstand na eb.



Figuur D-21 Locatie D5 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D5-B-5, opgenomen bij volle vloedstroom.



Figuur D-22 Locatie D5 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D5-B-6, opgenomen bij volle vloedstroom.



Figuur D-23 Locatie D5 – Dichtheidsprofiel (linker bovenhoek), radiografie (rechter bovenhoek), in situ foto van het staal (linker benedenhoek) en echogram (rechter benedenhoek) voor kern D5-B-R3, opgenomen bij volle vloedstroom.

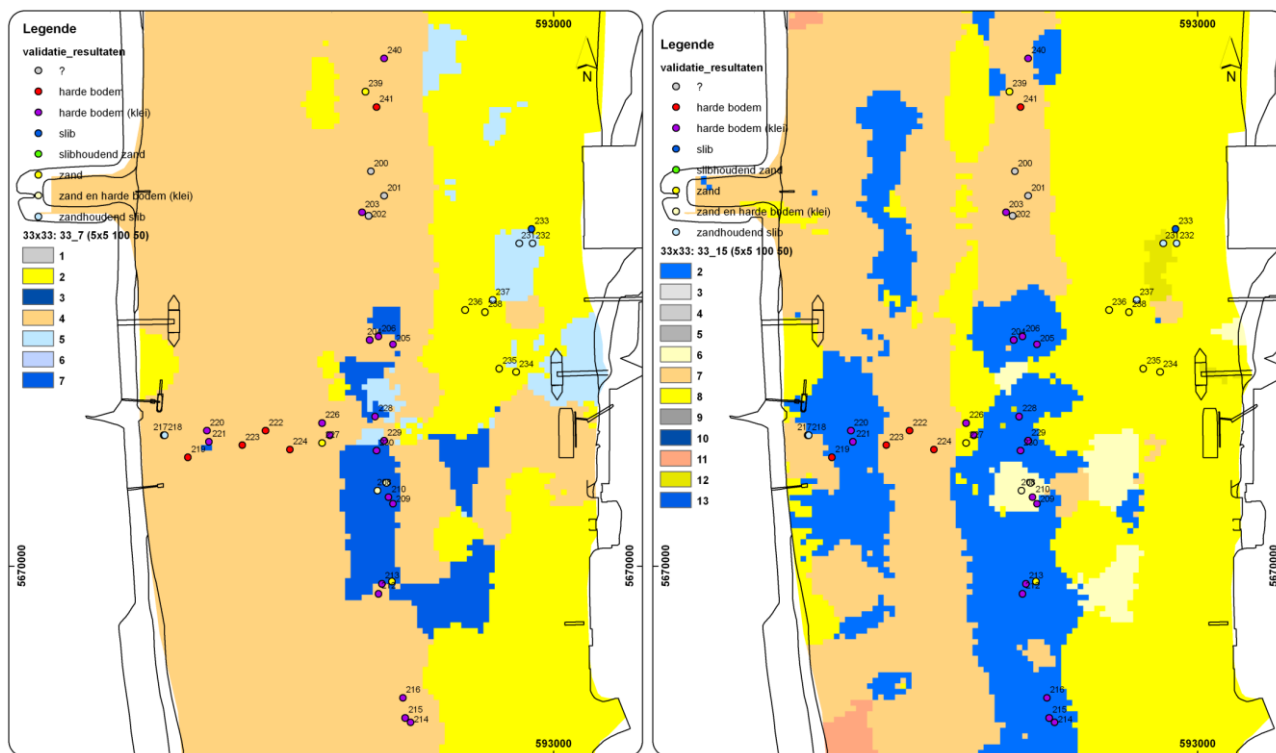
Bijlage E Validatie sedimentstaalnames

Tabel E-1 Sedimentstaalnames ter validatie van de finale gecalibreerde lithologische kaart (33x33_15 klassen). Positie in UTM WGS84 (31N), visuele interpretatie van de stalen.

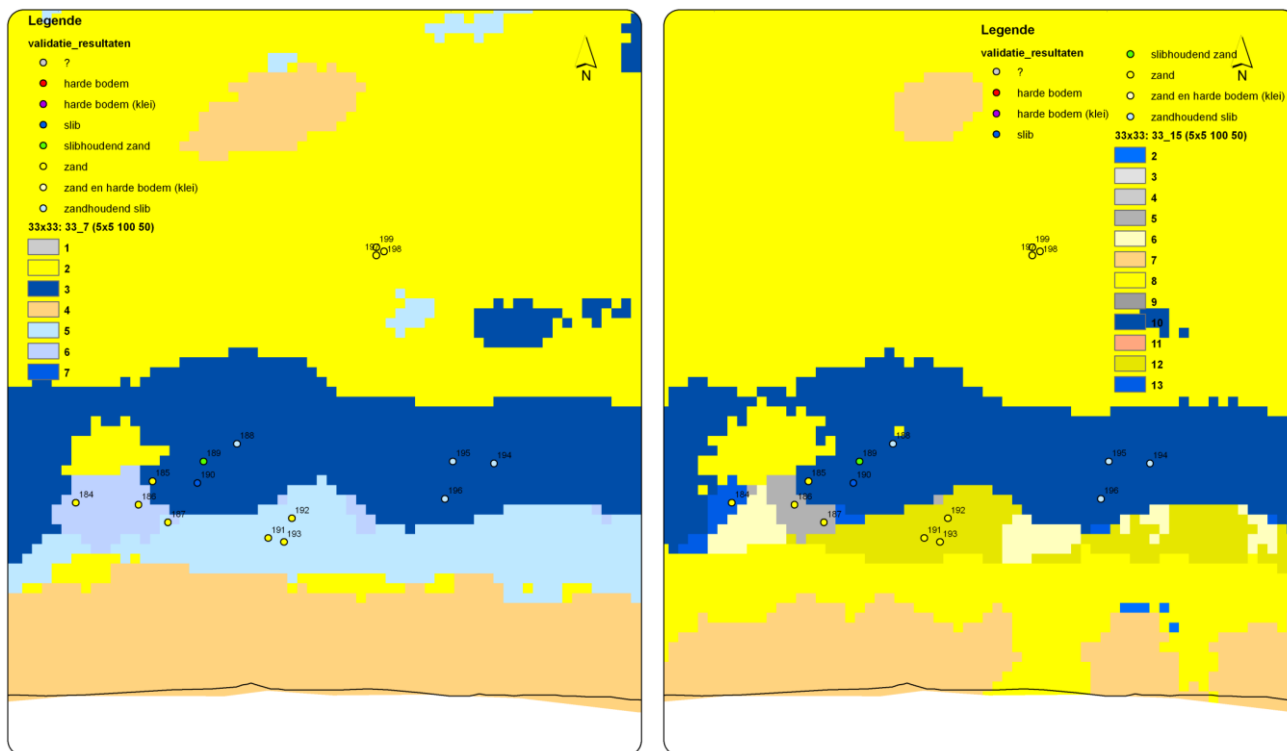
Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Beschrijving	Visuele interpretatie
142	588991	5685607	compact slib	slib
143	588965	5685615	zandhoudend slib	zandhoudend slib
144	588958	5685628	slibhoudend zand	slibhoudend zand
145	588900	5685599	slibhoudend zand tot zand	slibhoudend zand
146	588884	5685617	slibkeitjes en schelpfragmenten	harde bodem
			zand en schelpfragmenten en	
147	588898	5685610	slibbrokje	harde bodem
148	588809	5685571	slibhoudend zand	slibhoudend zand
149	588793	5685565	zand	zand
150	588814	5685587	zand	zand
			slibhoudend zand (onderaan zand, bovenaan iets slibrijker, laag van 2-5 cm)	slibhoudend zand
151	588700	5685540		
			slibhoudend zand (onderaan zand, bovenaan iets slibrijker, laag van 2-5 cm)	
152	588690	5685529		slibhoudend zand
153	588669	5685532	zandhoudend slib	zandhoudend slib
154	588553	5685597	stevig zandhoudend slib	zandhoudend slib
155	588571	5685594	slib tot zandhoudend slib	slib
156	588561	5685581	slib	slib
157	588499	5685527	slibhoudend zand	slibhoudend zand
158	588490	5685537	slibhoudend zand tot zand	zand
159	588511	5685520	zandhoudend slib (weinig zand)	zandhoudend slib
160	588434	5685486	zandhoudend slib (weinig zand)	zandhoudend slib
161	588441	5685524	zandhoudend slib (weinig zand)	zandhoudend slib
162	588422	5685500	onder laag slib zand en schelpen	harde bodem
			zand en mosselschelpen en stevige	
163	588915	5685558	brokken slib	harde bodem
164	588888	5685554	zand en veel schelpfragmenten	harde bodem
165	588922	5685558	zand en schelpen	harde bodem
166	592094	5681992	zandhoudend slib en grindbrokjes	harde bodem
167	592124	5681957	schelpen en pokken in beetje zand	harde bodem
168	592116	5681952	harde brokken	harde bodem
169	592111	5681690	sterk slibhoudend zand	zandhoudend slib
170	592117	5681657	massas schelpen	harde bodem
171	592112	5681704	stevig slib	slib
172	592087	5681590	schelpfragmenten in zand	harde bodem
173	592064	5681558	schelpfragmenten	harde bodem
174	592069	5681576	schelpfragmenten	harde bodem
175	592072	5681457	slib en onderaan compact slib	slib
176	592066	5681454	zand en slibketjes en schelpen	harde bodem
			slib en schelpaagje bovenop (fijn gruis)	slib
177	592042	5681451		
178	592011	5681398	schelpfragmenten in zand	harde bodem
179	591980	5681357	grof zand en wat slib	zand
180	591991	5681363	zand en veel schelpfragmenten	harde bodem
181	591414	5681109	hele grove schelpen en grind	harde bodem
182	591399	5681086	heel stevig zandhoudend slib	harde bodem
			veel schelpfragmenten en slappe	
183	591388	5681088	slibbrok	harde bodem
184	596209	5677160	zand en veel grof materiaal	zand
185	596248	5677171	heel weinig fijn zand en schelpen	zand

Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Beschrijving	Visuele interpretatie
186	596241	5677159	heel weinig fijn zand	zand
187	596256	5677150	heel weinig fijn zand	zand
188	596291	5677190	veel zeer fijn zand	zandhoudend slib
189	596274	5677181	veel zeer fijn slibhoudend zand	slibhoudend zand
190	596271	5677170	veel slib op fijn zand	slib
191	596307	5677142	weinig fijn zand	zand
192	596319	5677152	weinig zand en wat schelpen	zand
193	596315	5677140	weinig fijn zand en wat schelpen	zand
194	596422	5677180	veel zeer fijn slibhoudend zand	zandhoudend slib
195	596401	5677181	veel zeer fijn slibhoudend zand	zandhoudend slib
196	596397	5677162	veel zandhoudend slib	zandhoudend slib
197	596362	5677286	zand	zand
198	596366	5677288	zand	zand
199	596362	5677290	zand	zand
			2x leeg, mini-beetje zand en garnalen, geen foto, geen staal (in regio gekend voor baksteengruis)	?
200	592835	5670356	leeg, foto, geen staal	?
201	592847	5670334	leeg, foto, geen staal	?
202	592833	5670316	leeg, foto, geen staal	?
203	592827	5670319	heel klein beetje zand en plantenmateriaal	harde bodem (klei)
204	592834	5670204	enkel harde klei aan rand Shipek, geen foto, geen staal	harde bodem (klei)
205	592855	5670200	heel weinig zand, harde klei aan rand Shipek	harde bodem (klei)
206	592842	5670207	kleischilfers (Tertiaire klei)	harde bodem (klei)
207	592849	5670075	zand en brokken harde klei	zand en harde bodem (klei)
208	592841	5670068	harde klei met laagje zand erop	zand en harde bodem (klei)
209	592855	5670056	heel weinig zand, harde klei aan rand Shipek	harde bodem (klei)
210	592851	5670062	harde klei aan rand Shipek en heel weinig zand	harde bodem (klei)
211	592854	5669986	half bakje zand	zand
212	592842	5669975	harde klei en beetje zand	harde bodem (klei)
213	592845	5669984	beetje harde klei en beetje zand	harde bodem (klei)
214	592871	5669859	enkel heel harde kleischilfers	harde bodem (klei)
215	592866	5669863	mini-beetje zand door harde kleibodem	harde bodem (klei)
216	592864	5669881	kleischilfers (Tertiaire klei)	harde bodem (klei)
217	592648	5670118	stevig slib, brokkelig, zandhoudend	zandhoudend slib
218	592649	5670118	stevig slib, brokkelig, zandhoudend, iets vloeibaarder aan de top	zandhoudend slib
219	592670	5670098	heel weinig zand en brokje baksteen	harde bodem
220	592687	5670122	kleischilfers (Tertiaire klei)	harde bodem (klei)
221	592689	5670112	kleischilfers (Tertiaire klei)	harde bodem (klei)
222	592740	5670122	klei, stevig, brokkelig, geen schilfers	harde bodem
223	592719	5670109	grindje en sliert organisch materiaal	harde bodem
224	592762	5670105	grind (> 6cm) en schelpfragmenten	harde bodem
225	592798	5670118	mini-beetje zand en kleibrokje	harde bodem (klei)
226	592791	5670129	kleischilfers (Tertiaire klei)	harde bodem (klei)
227	592791	5670111	zand	zand
228	592839	5670135	harde kleischilfers en beetje zand erop	harde bodem (klei)
229	592847	5670113	kleischilfers (Tertiaire klei) en schelp	harde bodem (klei)
230	592840	5670104	beetje zand en harde klei aan Shipek	harde bodem (klei)
231	592969	5670291	zandhoudend slib	zandhoudend slib
232	592981	5670291	slib tot zandhoudend slib met veel organisch materiaal	zandhoudend slib
233	592980	5670304	slib	slib

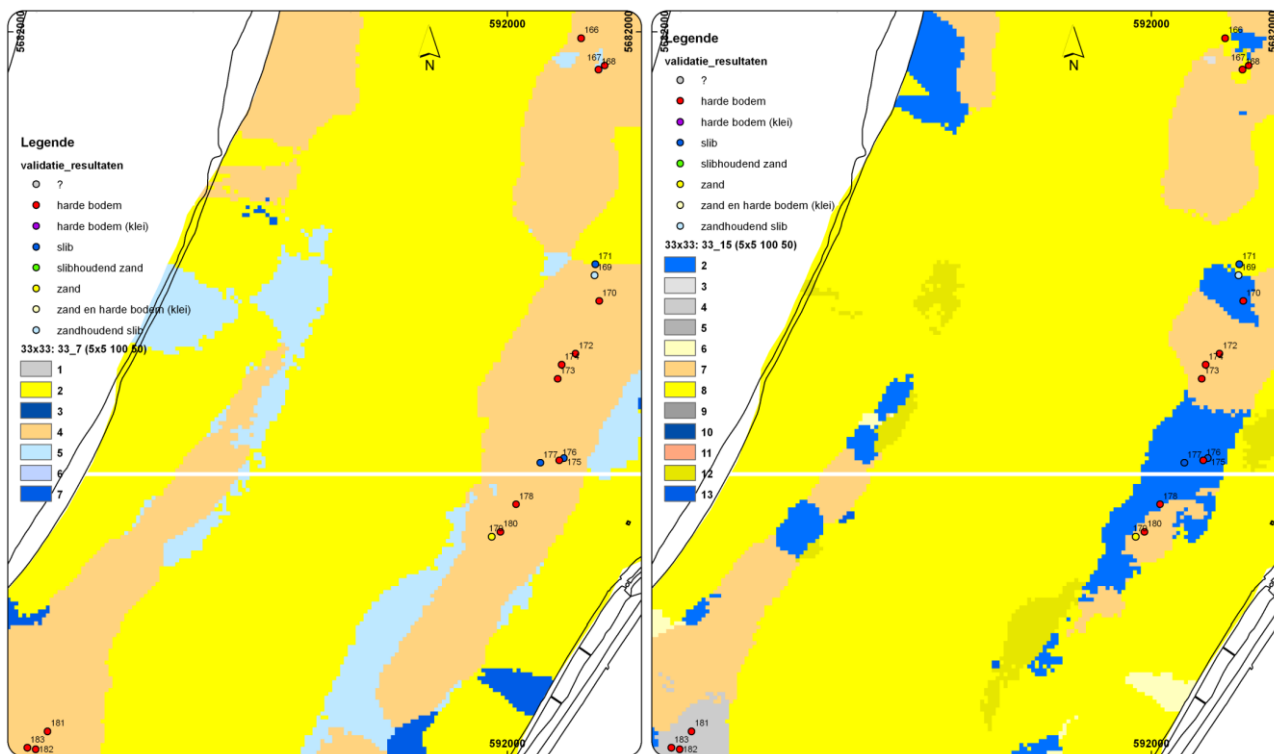
Staalnaam	X (wgs84)	Y (wgs84)	Beschrijving	Visuele interpretatie
234	592966	5670175	zand, wat organisch materiaal, slibbrokje	zand
235	592951	5670178	zand, afval en organisch materiaal	zand
236	592920	5670231	zand	zand
237	592945	5670240	zandhoudend brokkelig slib	zandhoudend slib
238	592938	5670229	zand	zand
239	592830	5670428	zand en wat schelpen en 1 brokje klei	zand
240	592847	5670458	kleischilfers en zand erop	harde bodem (klei)
241	592840	5670414	zand en grind	harde bodem



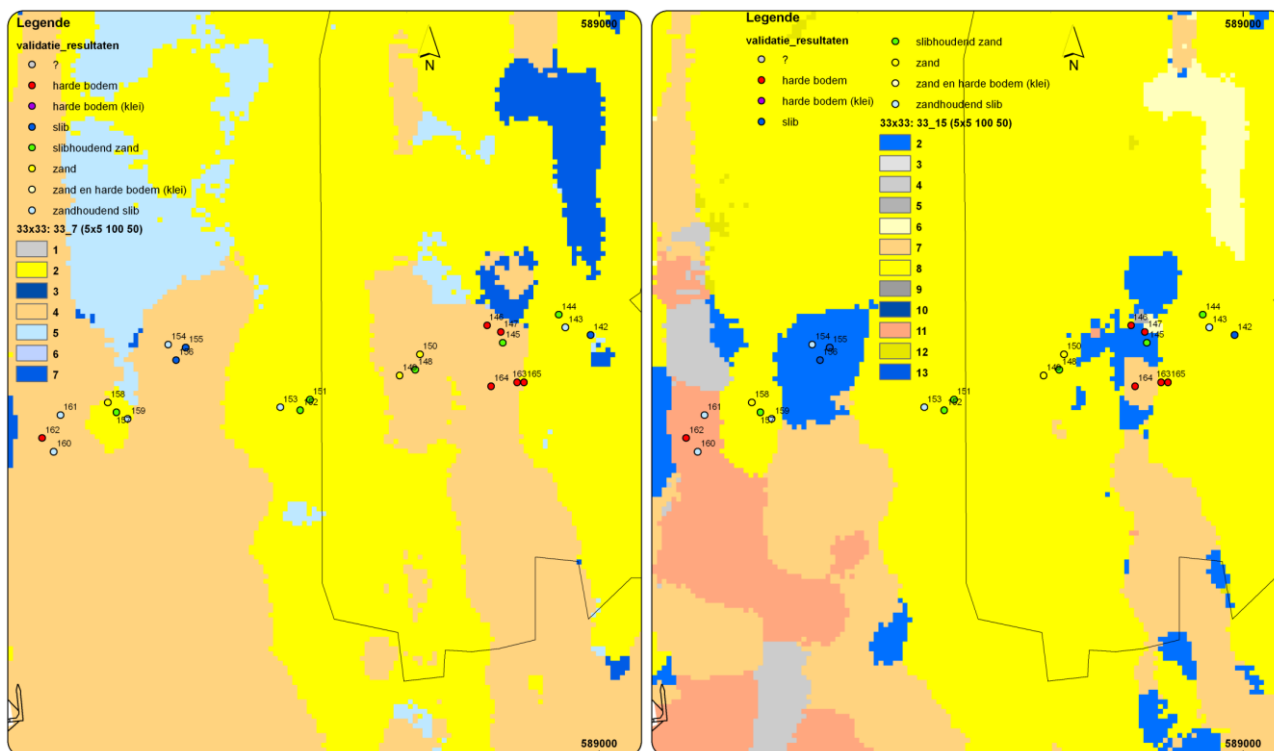
Figuur E-1 Validatiestalen op kaart 33x33_7 klassen (links) en kaart 33x33_15 klassen (rechts).
Ter hoogte van Kruibeke-Hoboken.



Figuur E-2 Validatiestalen op kaart 33x33_7 klassen (links) en kaart 33x33_15 klassen (rechts).
Ter hoogte van Oosterweel.

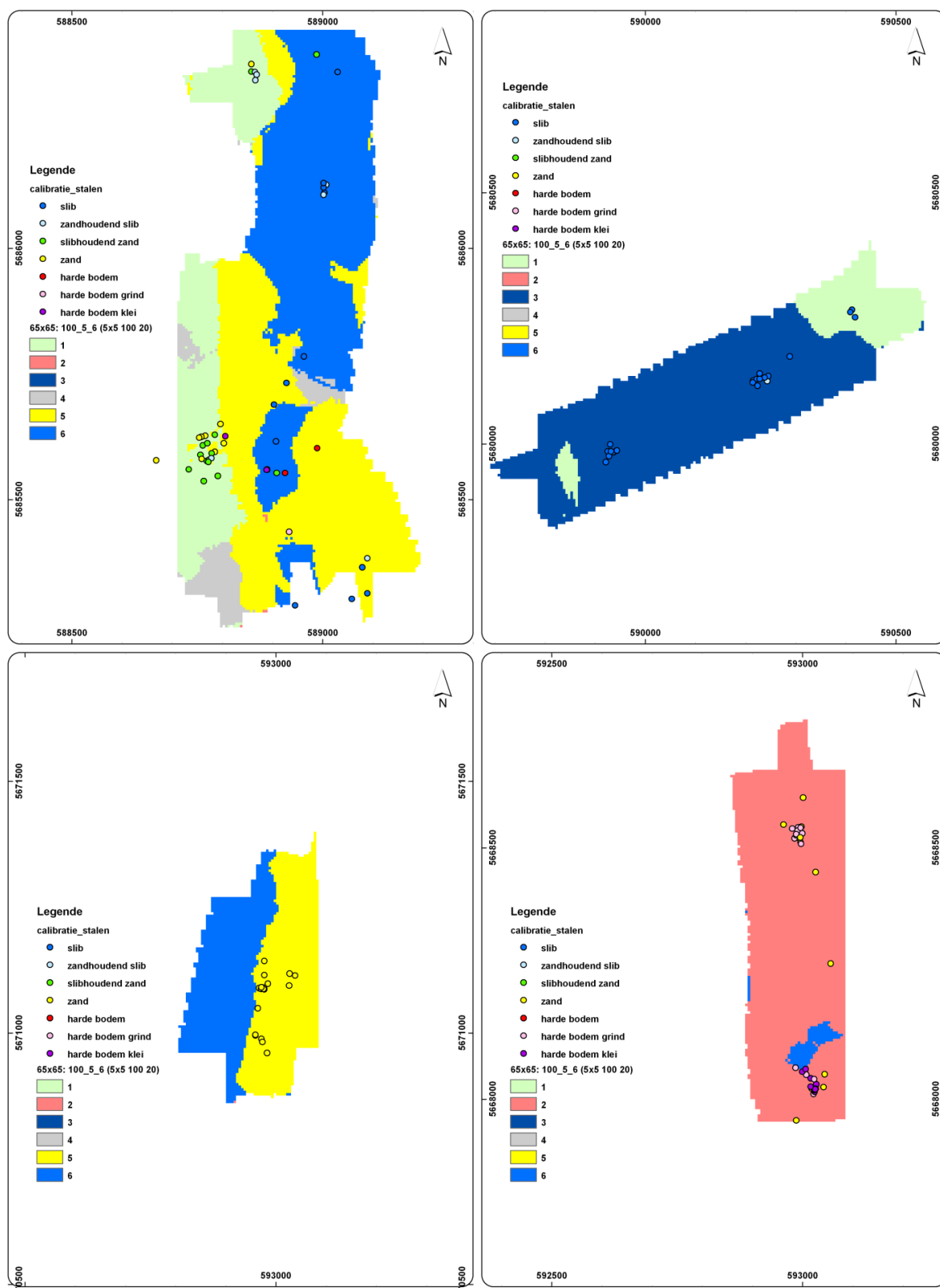


Figuur E-3 Validatiestalen op kaart 33x33_7 klassen (links) en kaart 33x33_15 klassen (rechts).
Ten noorden van Kallo.

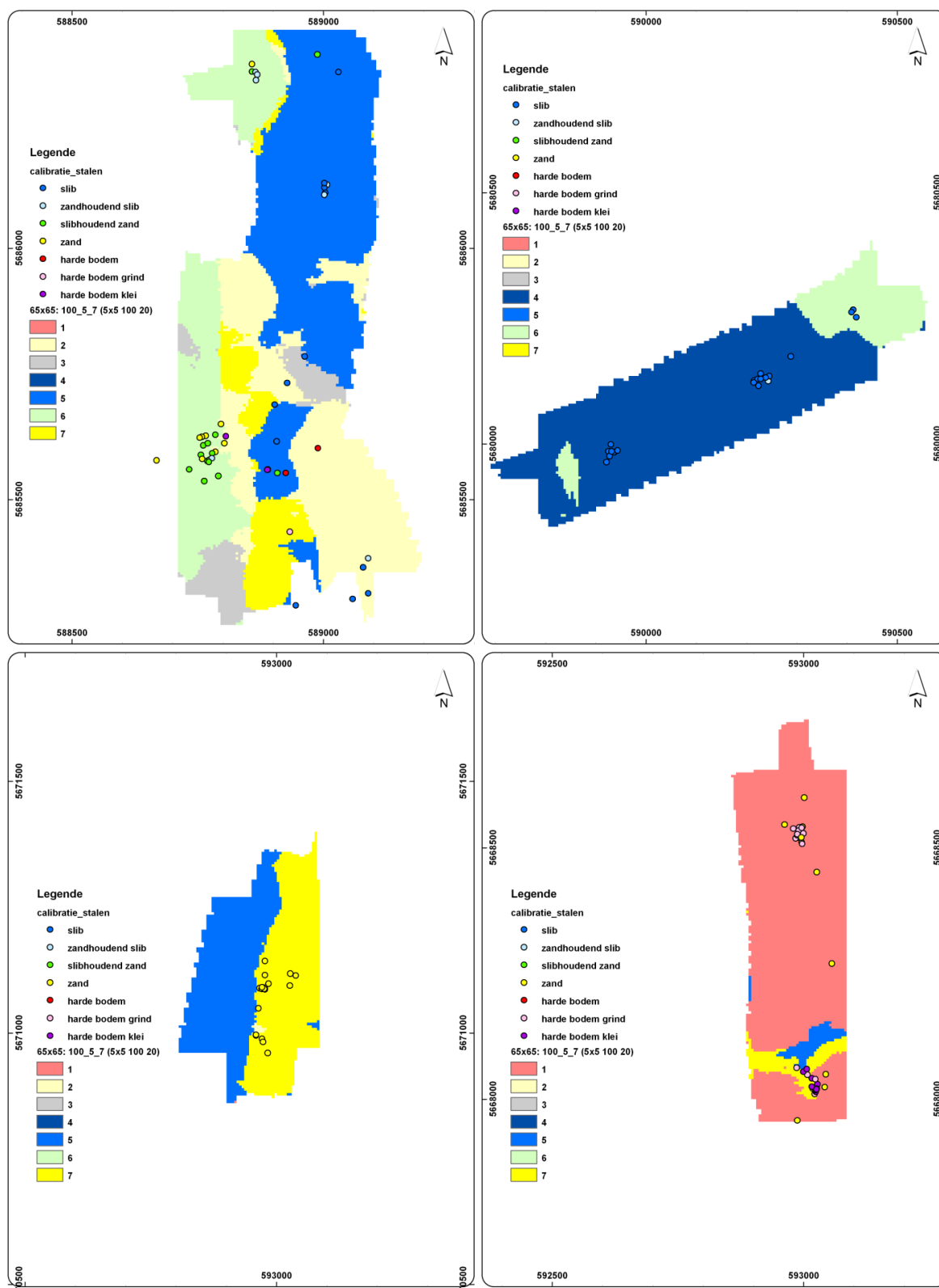


Figuur E-4 Validatiestalen op kaart 33x33_7 klassen (links) en kaart 33x33_15 klassen (rechts).
Ten noorden van Doel.

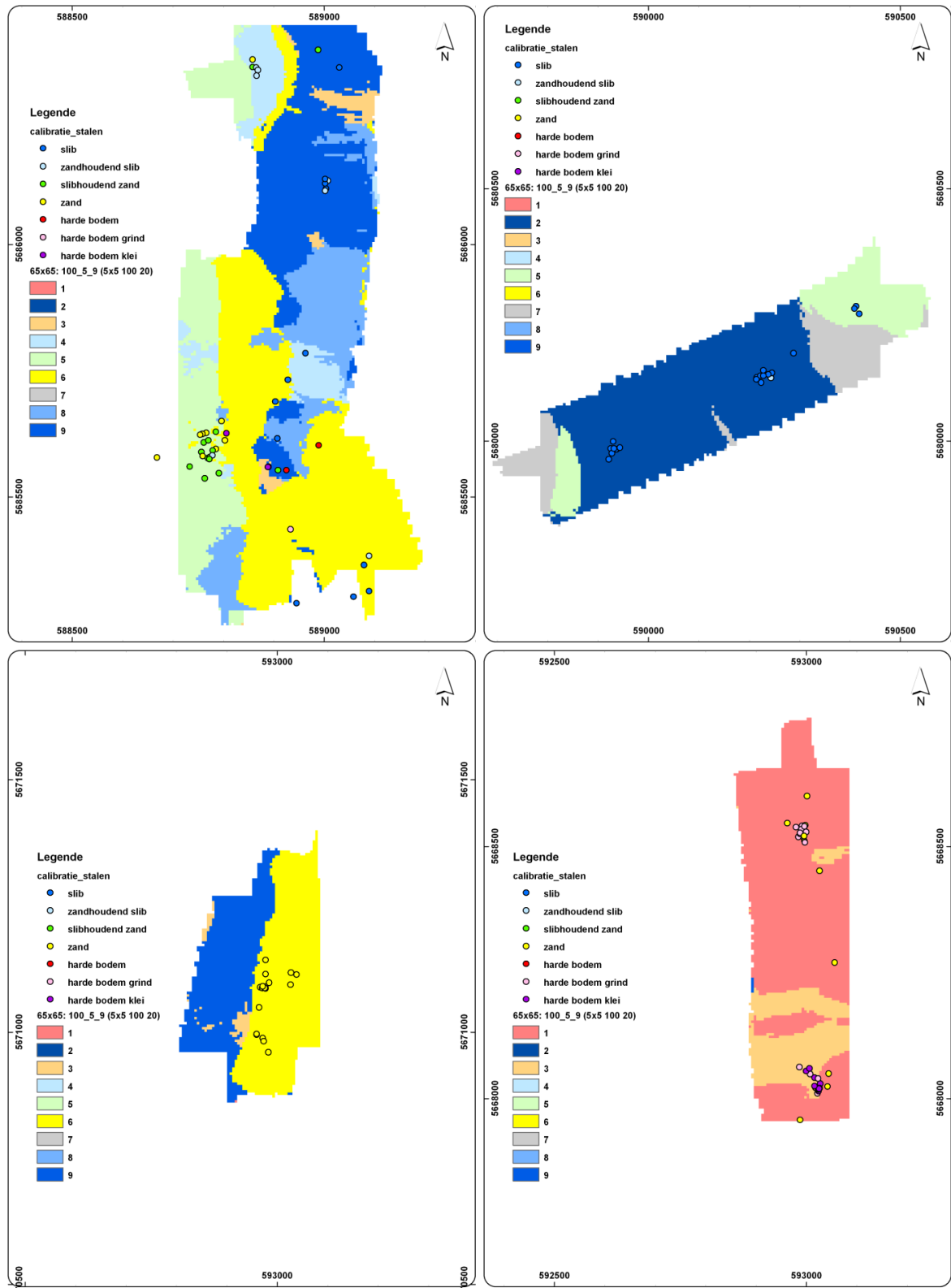
Bijlage F Vergelijking classificatiekaarten referentiezones met calibratiestalen



Figuur F-1 Vergelijking calibratiekaart 65x65_6 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentiezona D1 (slib), linksonder: referentiezona D5 (zand), rechtsonder referentiezona D2 (harde bodem).



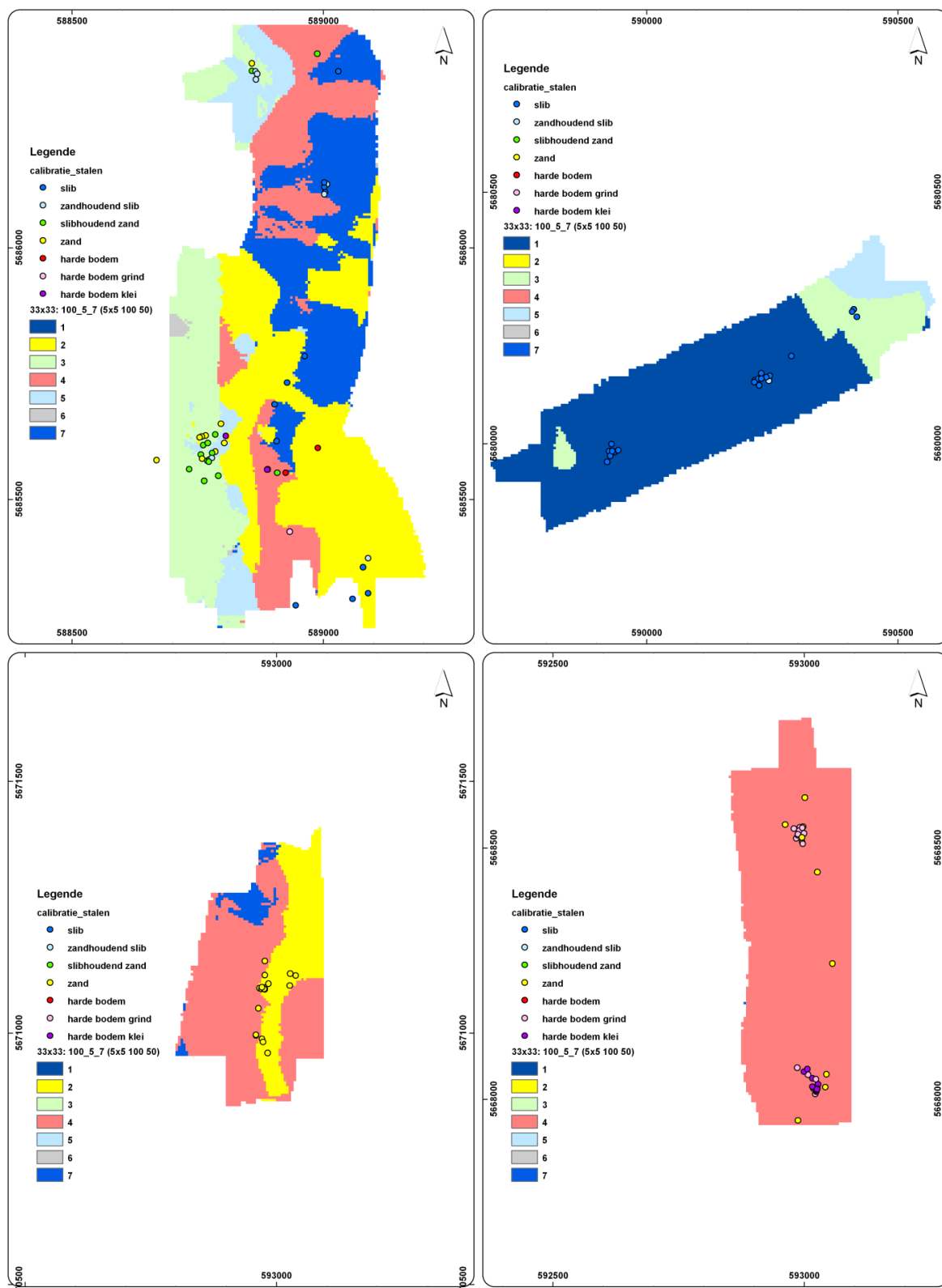
Figuur F-2 Vergelijking calibratiekaart 65x65_7 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentiezone D1 (slib), linksonder: referentiezone D5 (zand), rechtsonder referentiezone D2 (harde bodem).



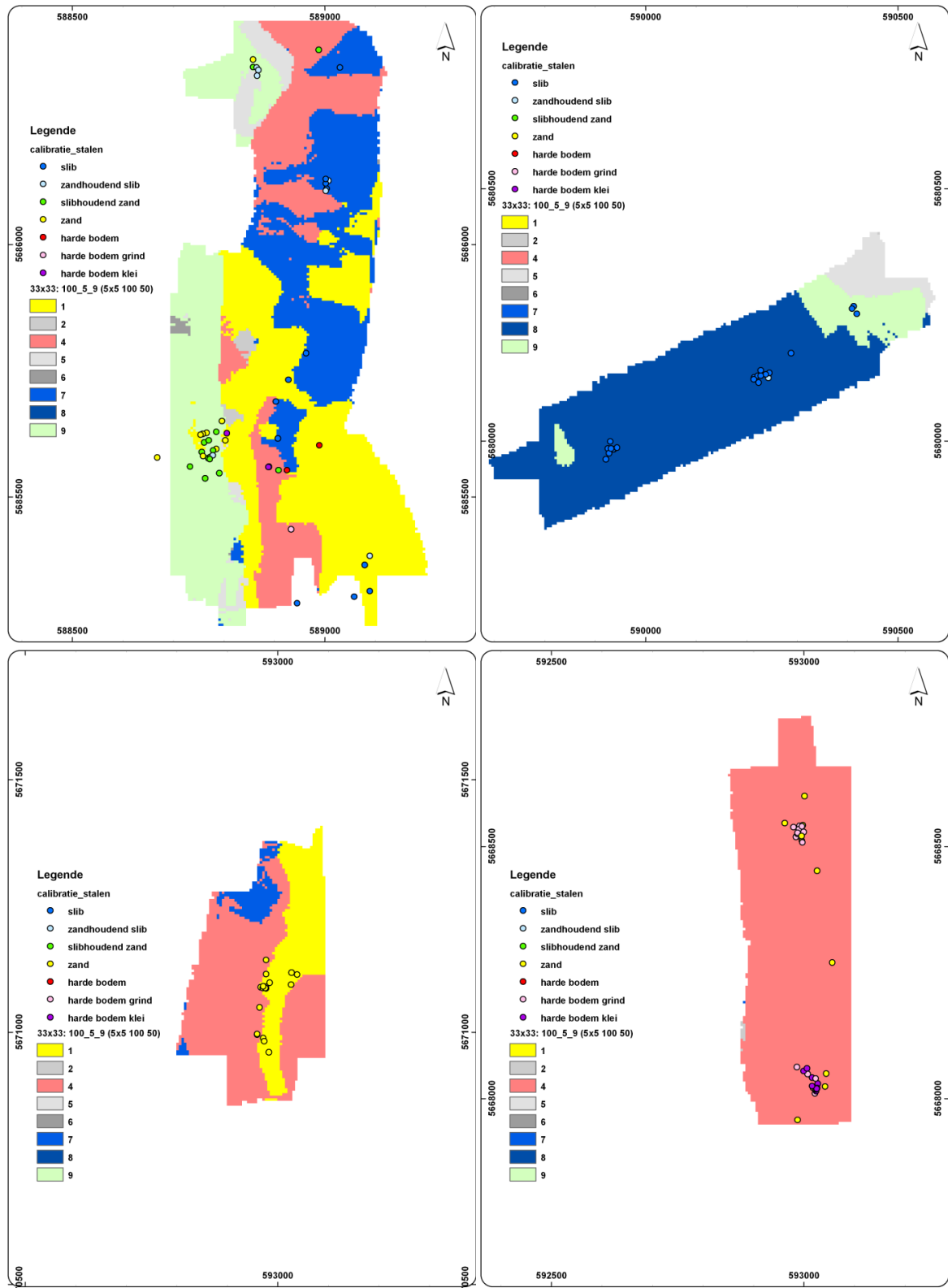
Figuur F-3 Vergelijking calibratiekaart 65x65_9 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentiezone D1 (slib), linksonder: referentiezone D5 (zand), rechtsonder referentiezone D2 (harde bodem).



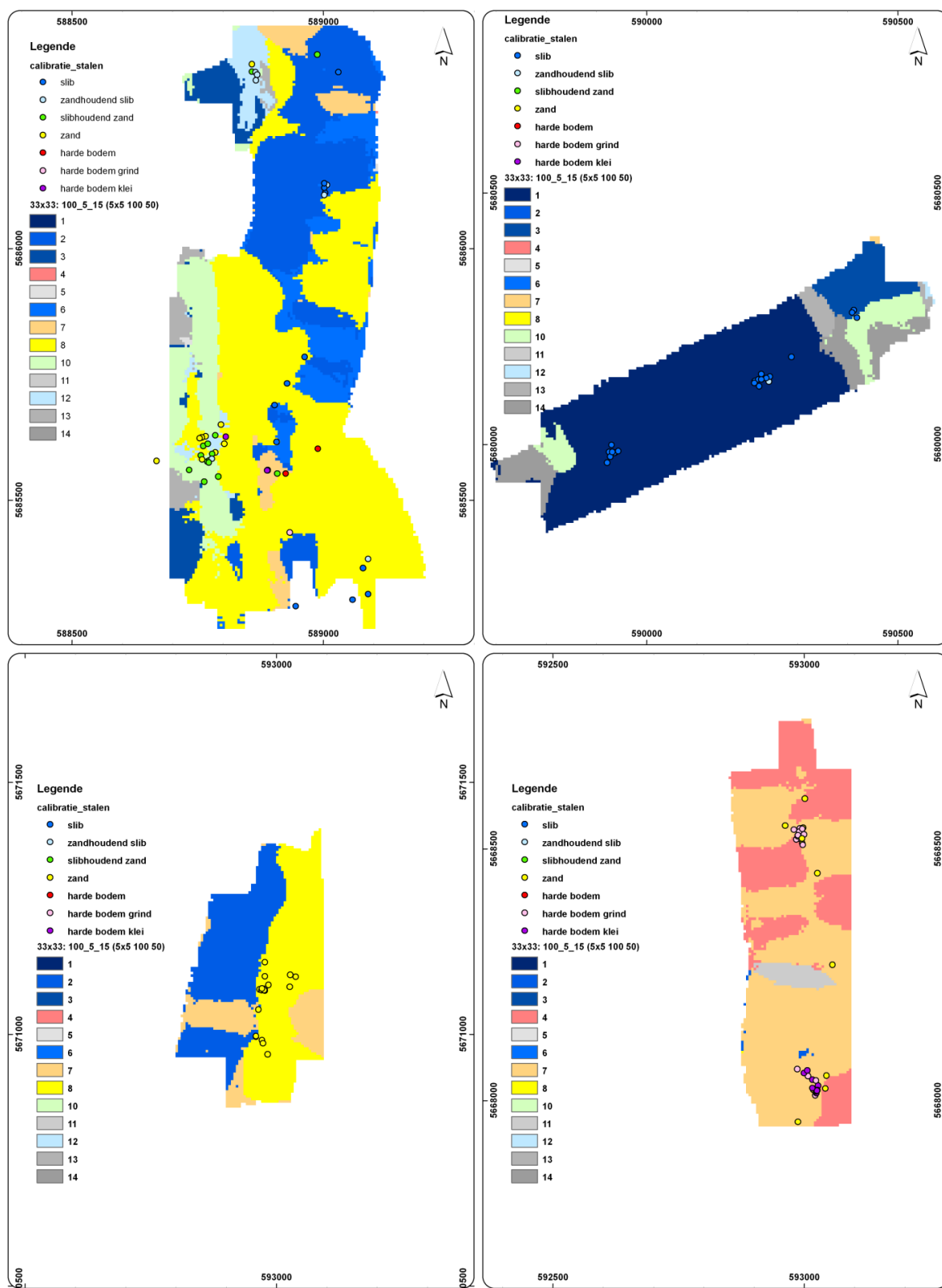
Figuur F-4 Vergelijking calibratiekaart 33x33_6 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentiezone D1 (slib), linksonder: referentiezone D5 (zand), rechtsonder referentiezone D2 (harde bodem).



Figuur F-5 Vergelijking calibratiekaart 33x33_7 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentietone D1 (slib), linksonder: referentietone D5 (zand), rechtsonder referentietone D2 (harde bodem).

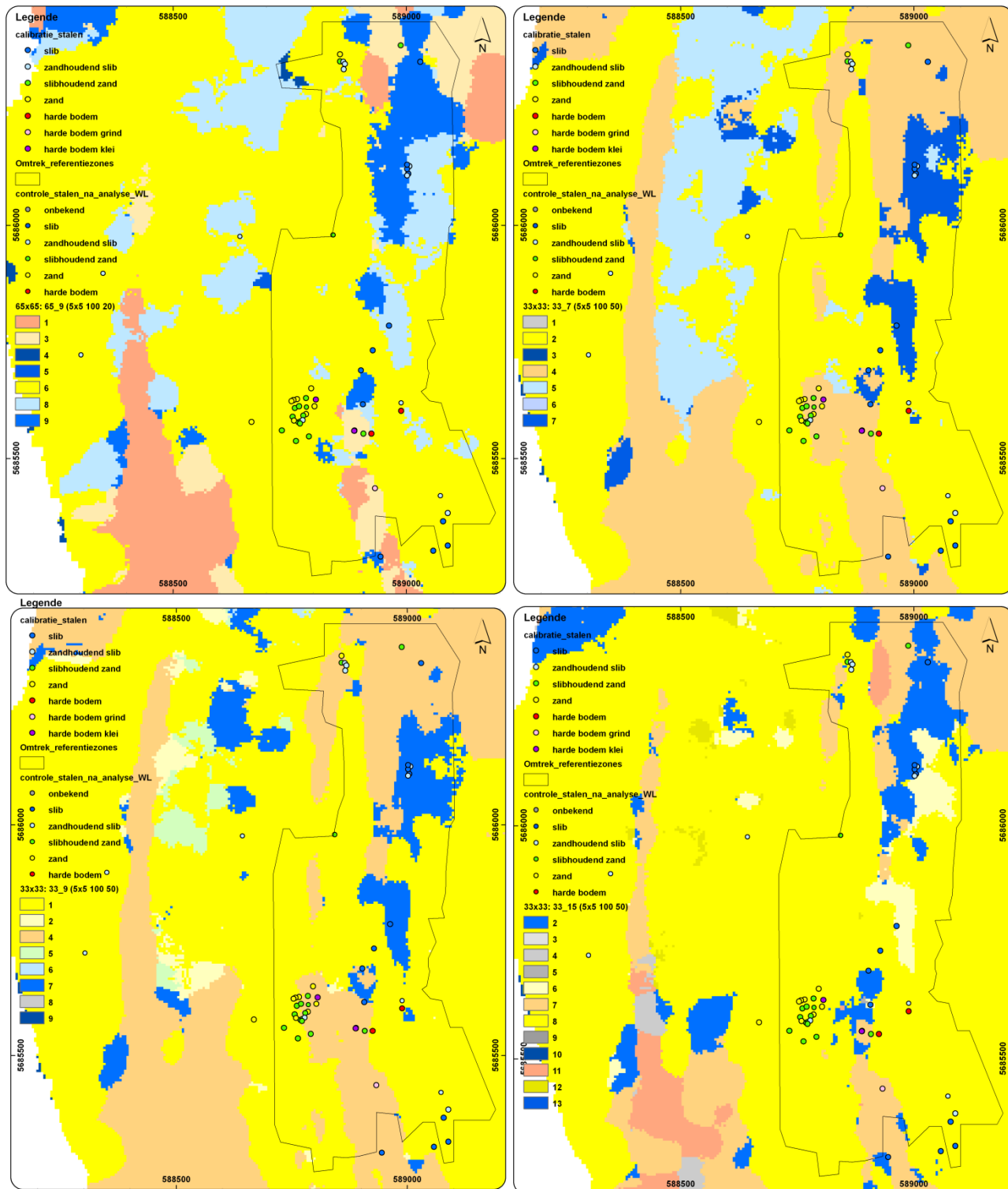


Figuur F-6 Vergelijking calibratiekaart 33x33_9 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend sliib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentietzone D1 (sliib), linksonder: referentietzone D5 (zand), rechtsonder referentietzone D2 (harde bodem).

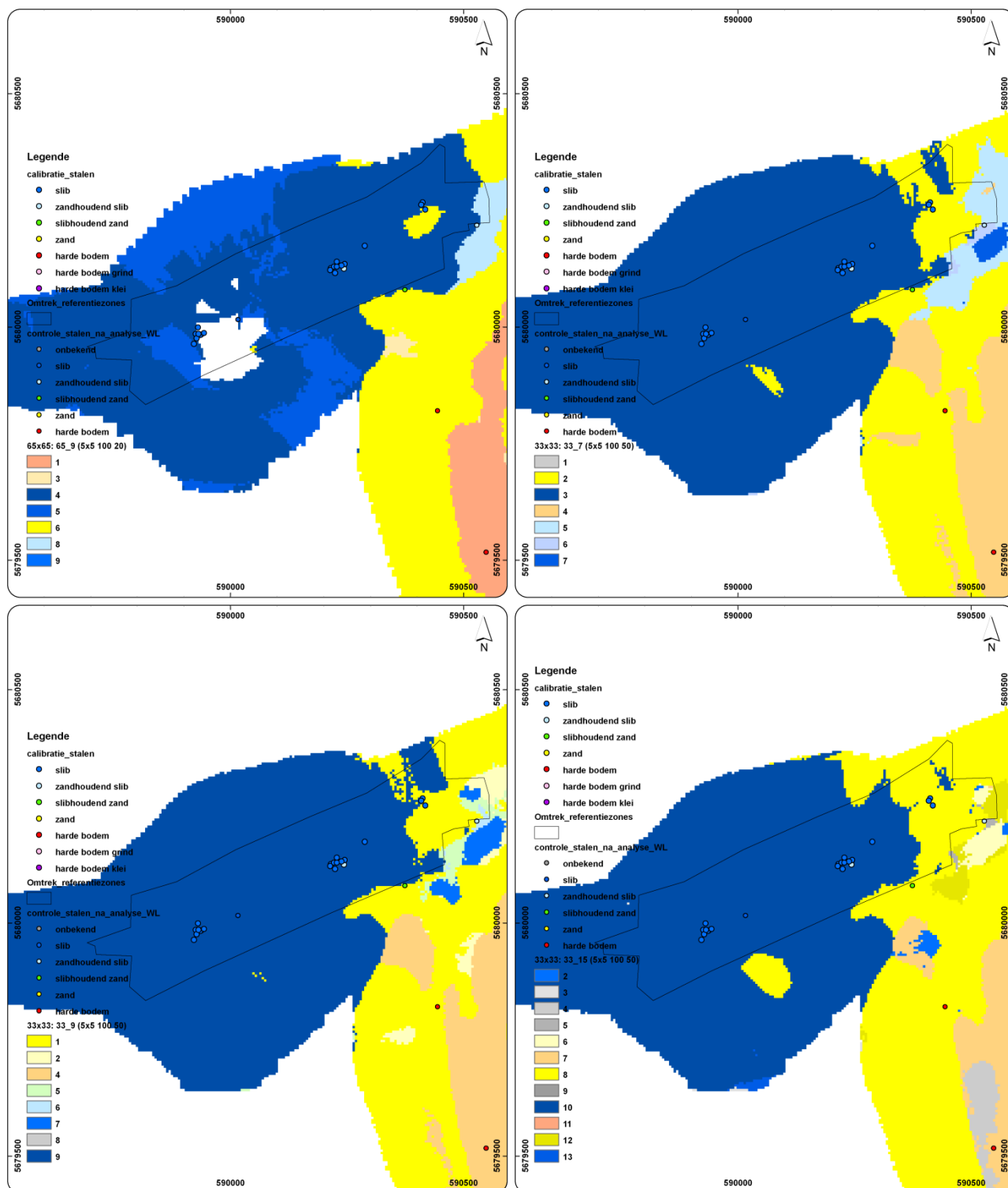


Figuur F-7 Vergelijking calibratiekaart 33x33_15 klassen en calibratiestalen. Linksboven: referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand), rechtsboven: referentietone D1 (slib), linksonder: referentietone D5 (zand), rechtsonder referentietone D2 (harde bodem).

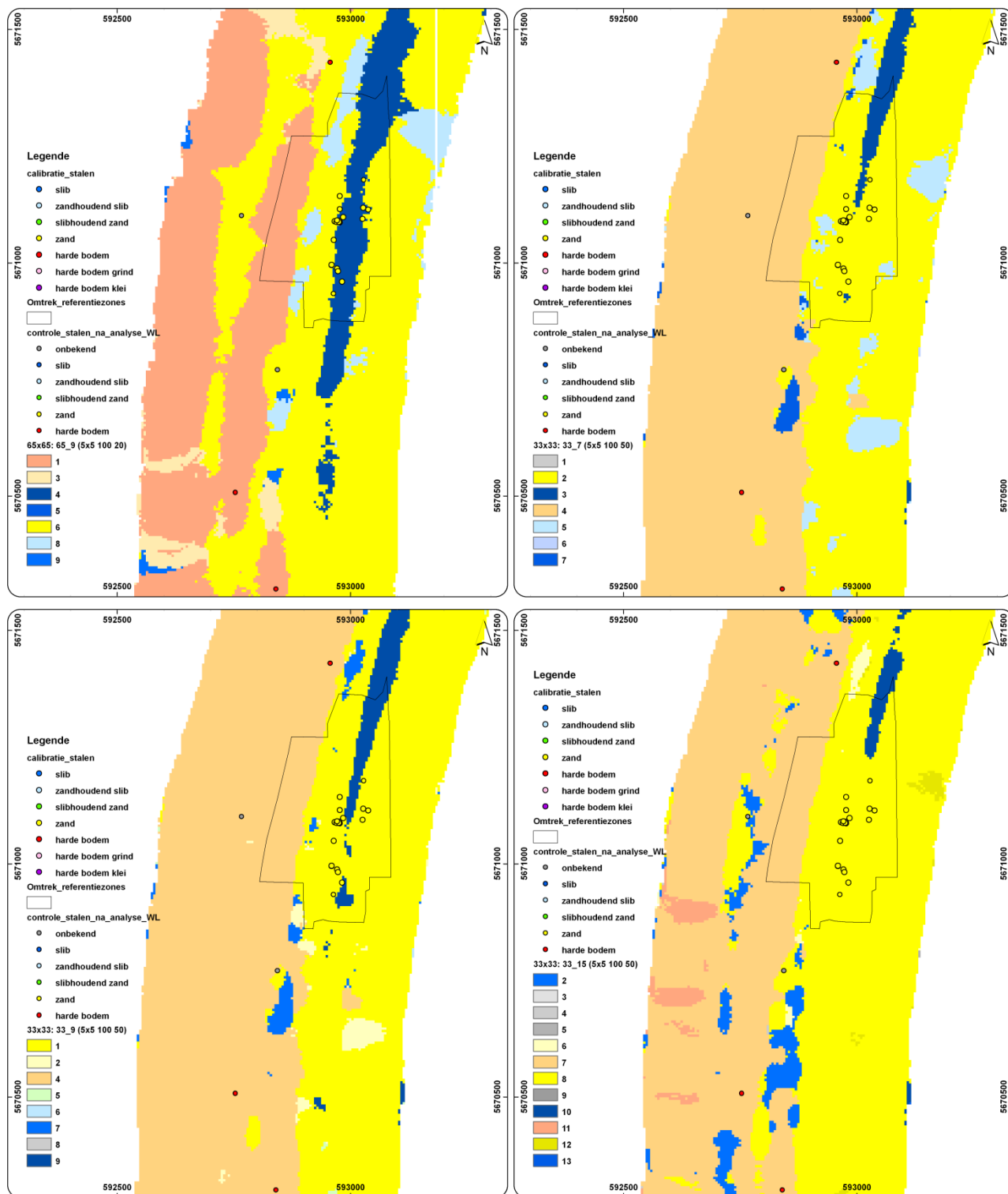
Bijlage G Vergelijking gecalibreerde Beneden- Zeeschelde kaarten met calibratie- en controlestalen



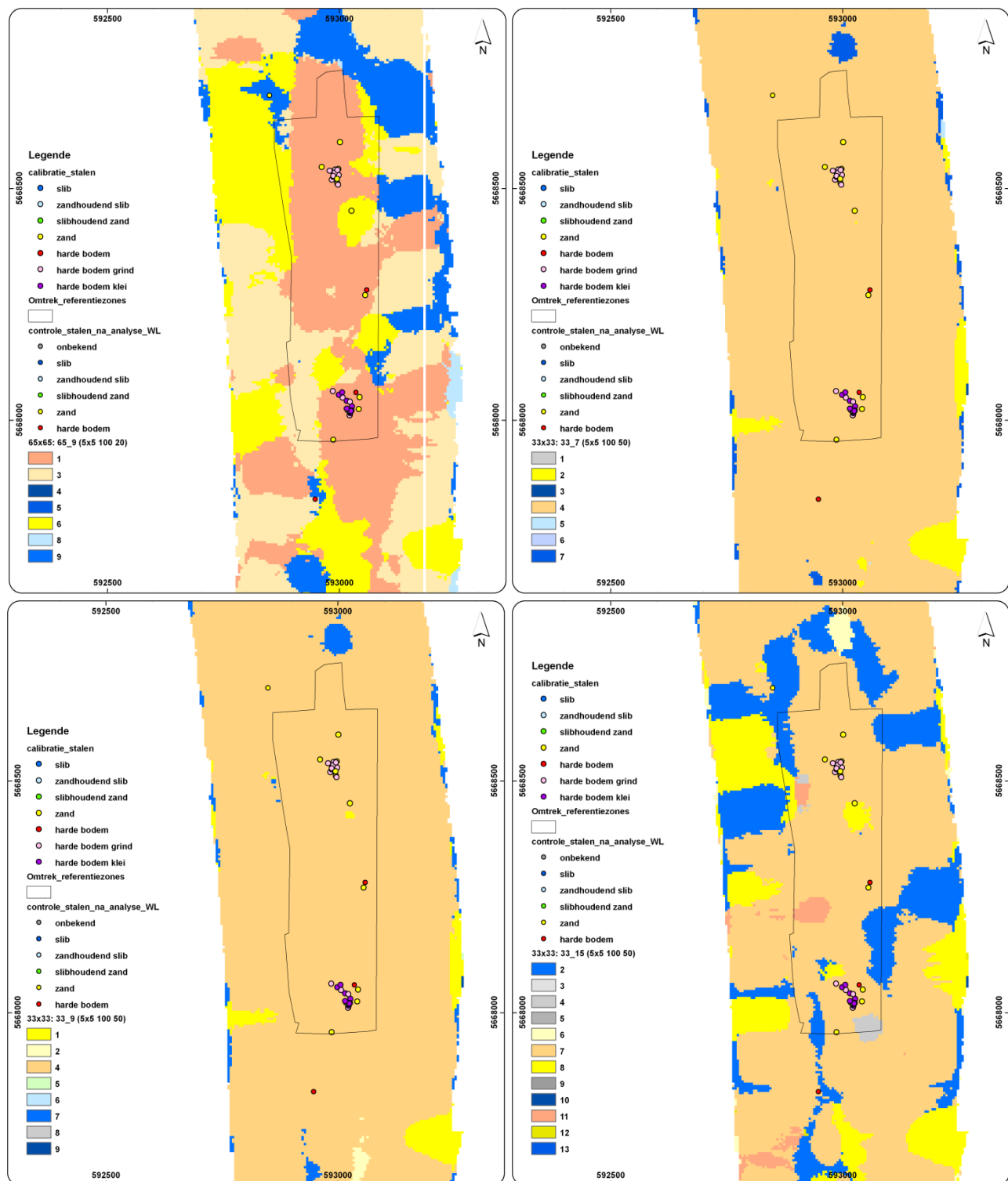
*Figuur G-1 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van referentiezones D3 (zandhoudend slib) en D4 (slibhoudend zand).
Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen*



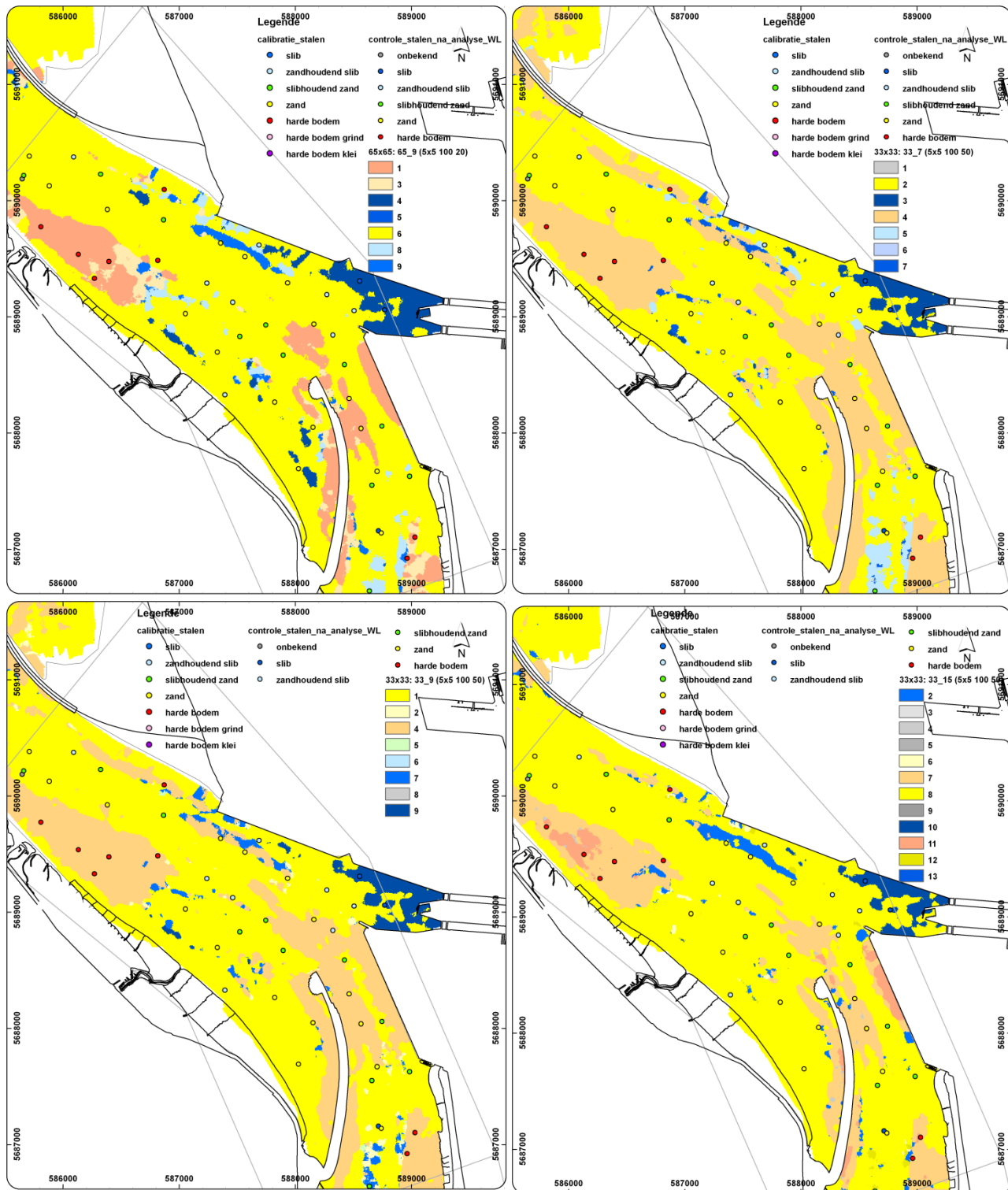
Figuur G-2 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van referentiezones D1 (slab). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



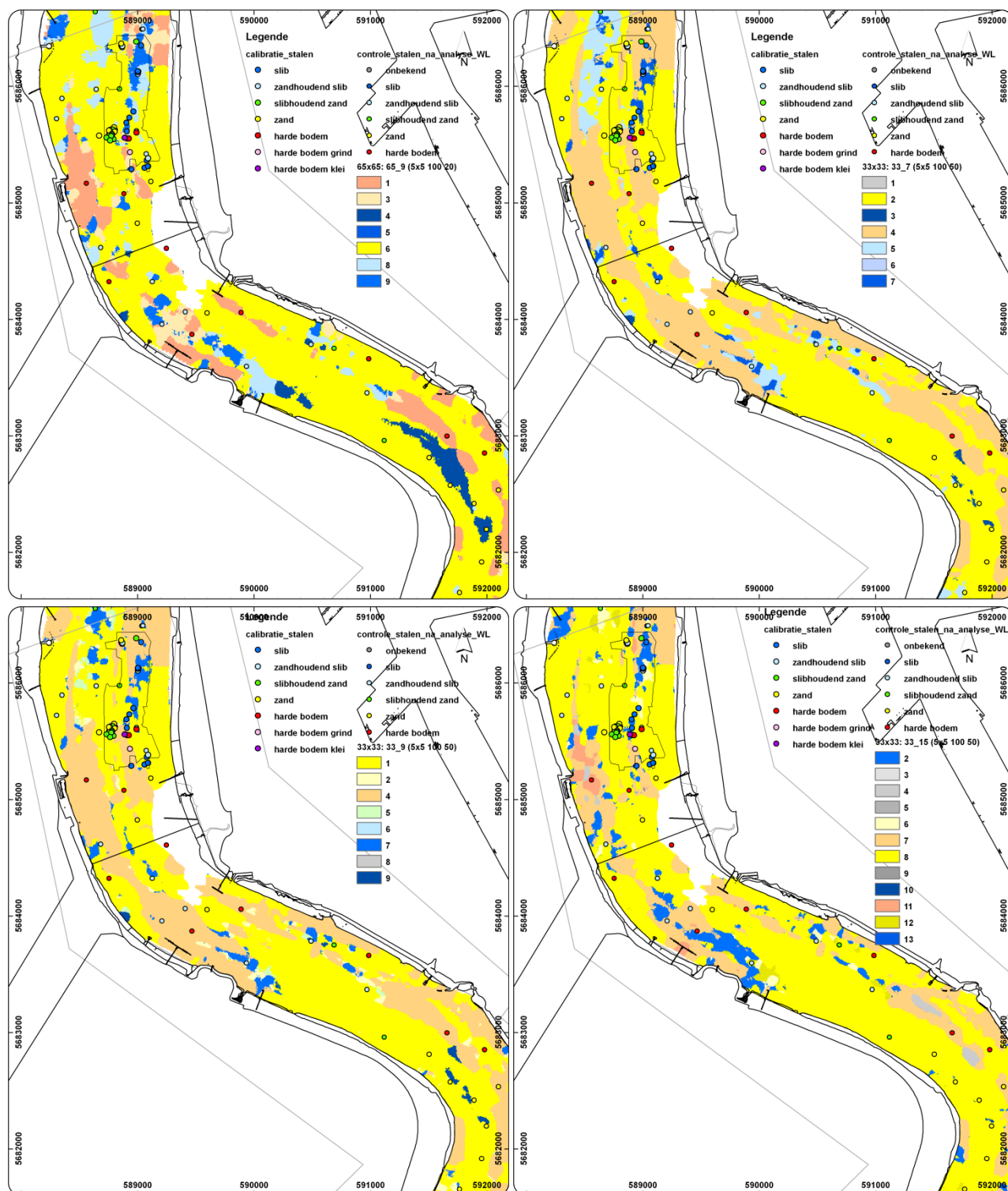
Figuur G-3 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van referentiezones D5 (zand). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



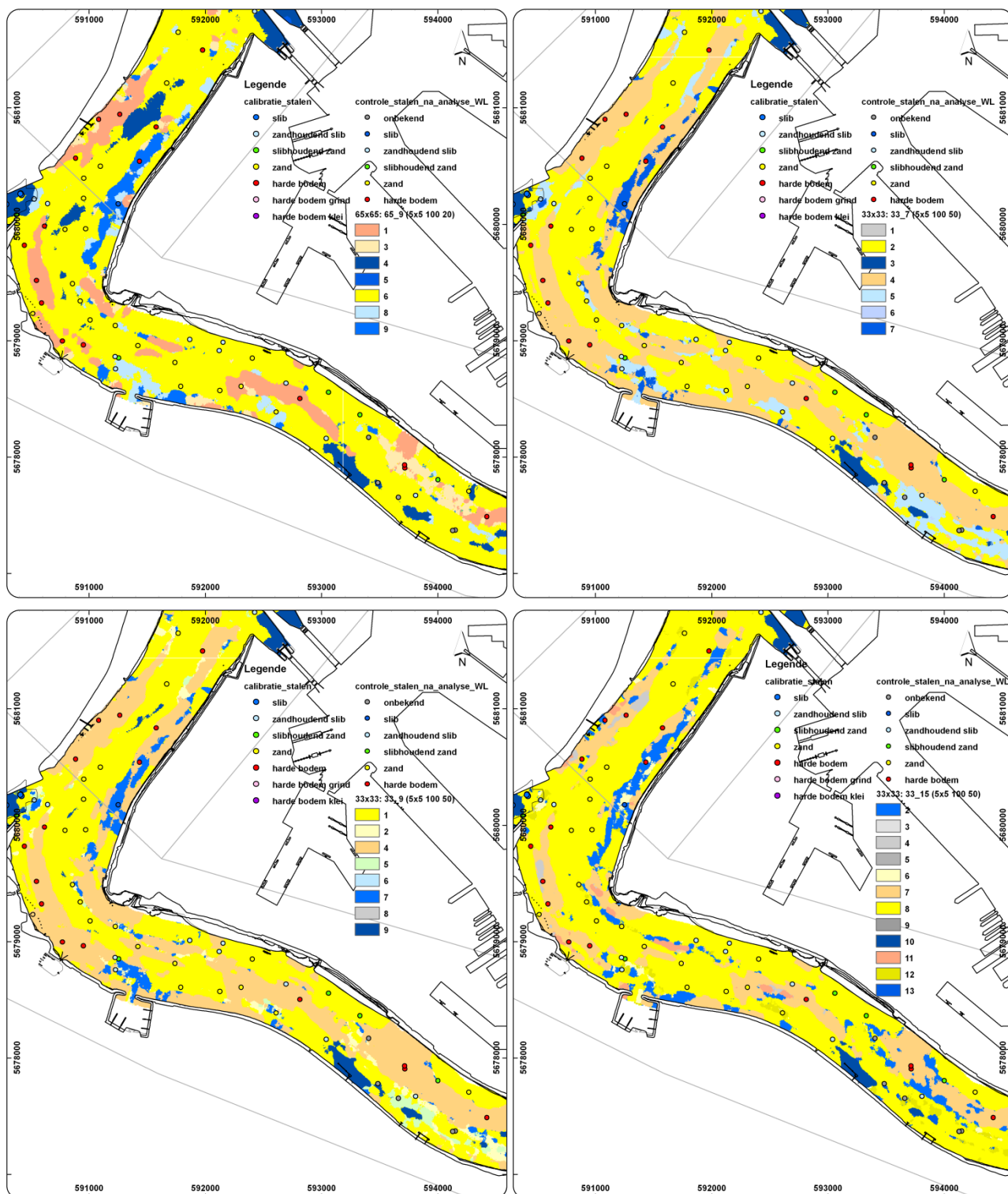
Figuur G-4 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van referentiezones D2 (harde bodem). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



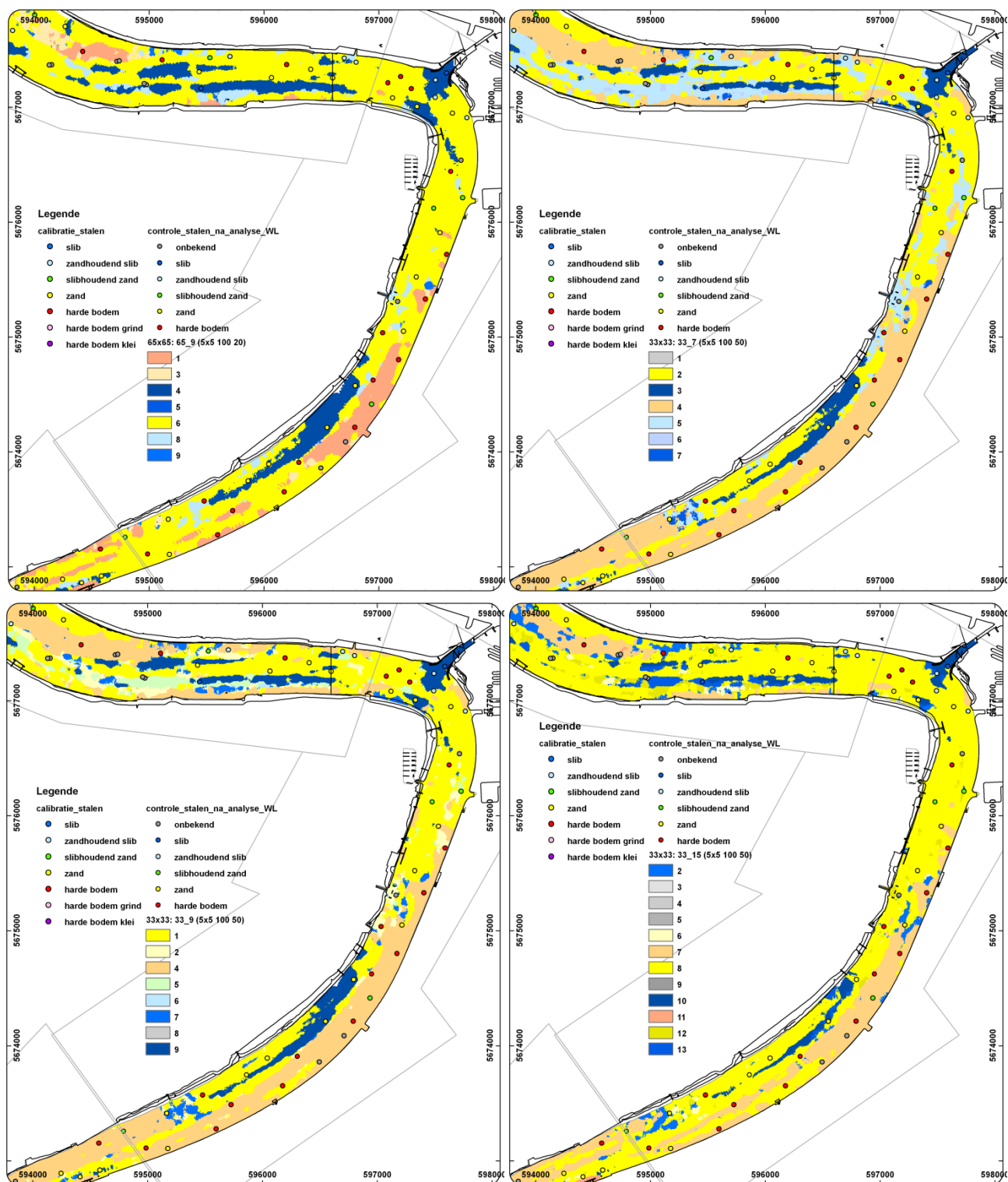
Figuur G-5 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van sectiekaart 1 (Saeftinghe-Doel). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



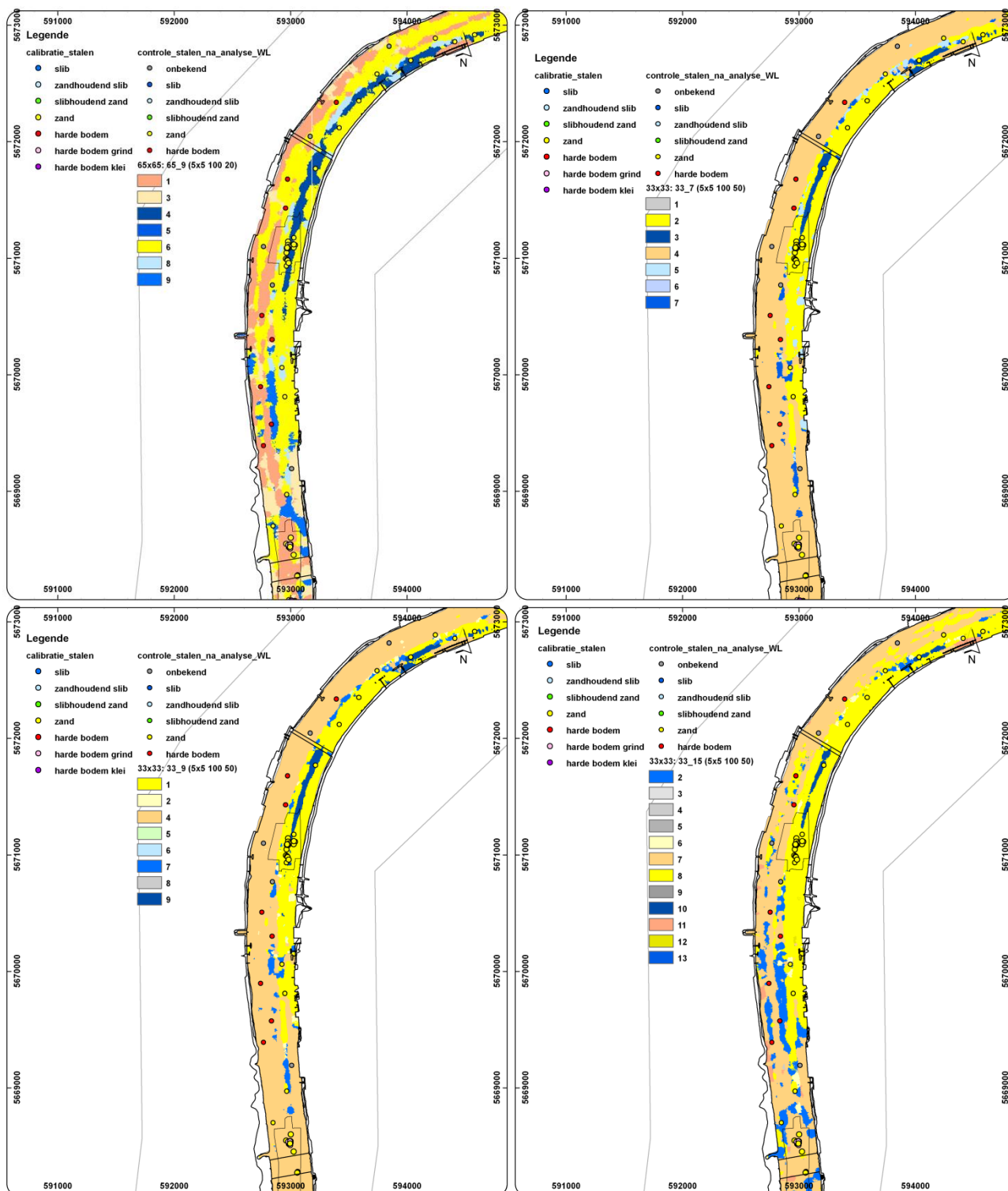
Figuur G-6 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van sectiekaart 2 (Doel-Kruisschans-Filip). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



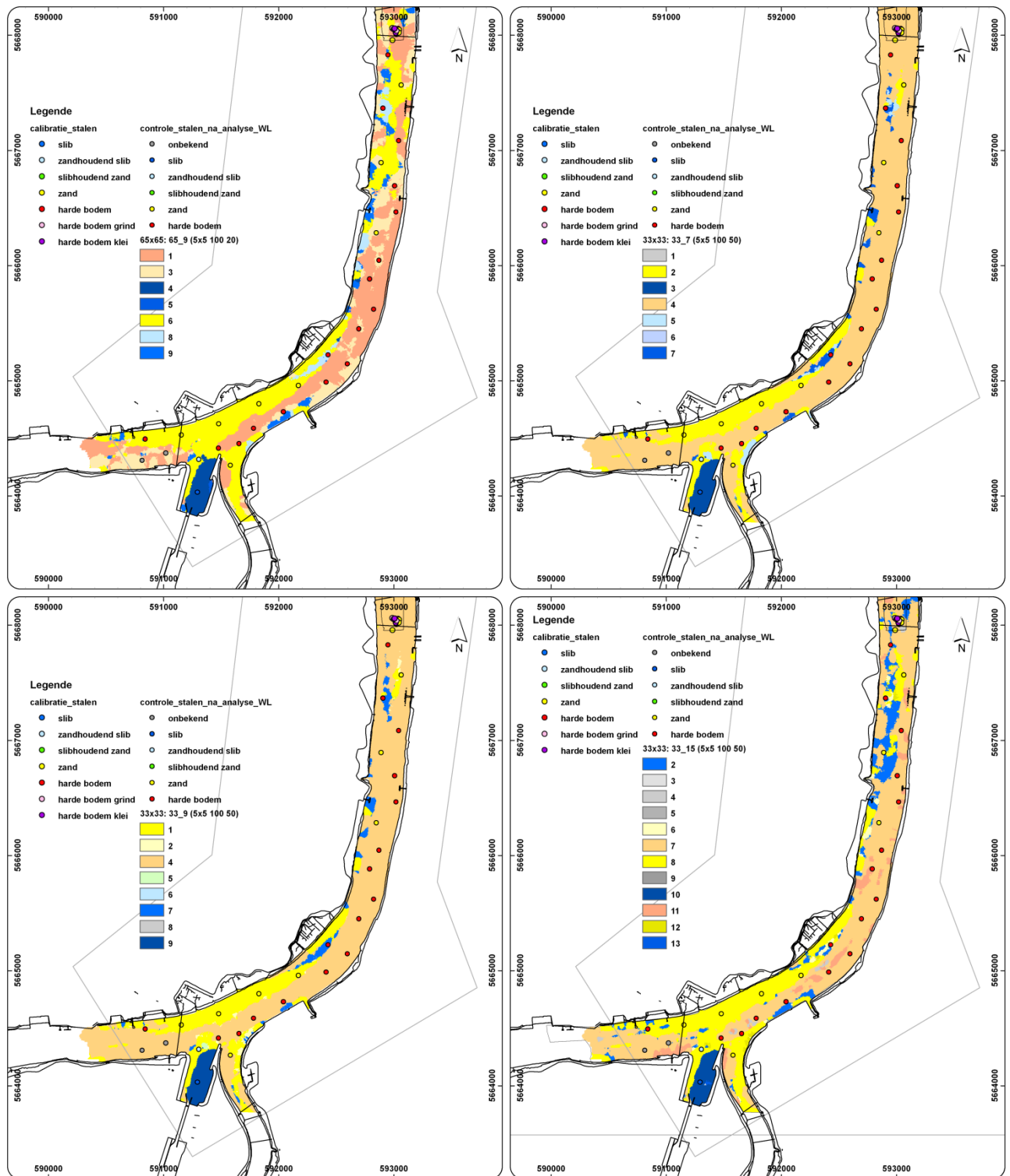
Figuur G-7 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van sectiekaart 3 (Filip-Oosterweel). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



Figuur G-8 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van sectiekaart 4 (Rede van Antwerpen). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



Figuur G-9 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van sectiekaart 5 (Burcht-Hemiksem). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen



Figuur G-10 Vergelijking gecalibreerde Beneden-Zeescheldekaarten met calibratie- en controlestalen ter hoogte van sectiekaart 5 (Hemiksem-Rupel). Linksboven: kaart 65x65_9 klassen, rechtsboven: 33x33_7 klassen, linksonder: 33x33_9 klassen, rechtsonder: 33x33_15 klassen

**Bijlage H De gesuperviseerde lithologische kaart
2009 op basis van de calibratiecatalogus (33x33 15
klassen)**

Bath - Saeftinghe

Saeftinghe - Doel

Schaar van Ouden Doel

Doel - Filip

Filip - Oosterweel

Punt van Melsele

Plaat van Boomke

Oosterweel

Rede van Antwerpen

Burcht - Rupelmonde

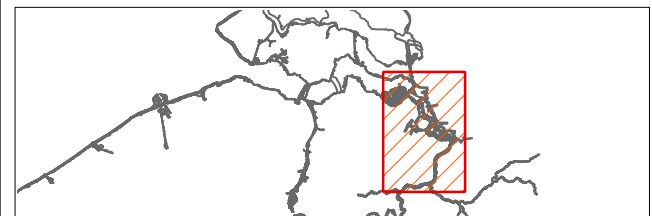
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Gesuperviseerde lithologische kaart
Beneden - Zeeschelde**

Kaart nr.: 11341_015_101006

Datum: 06/10/2010







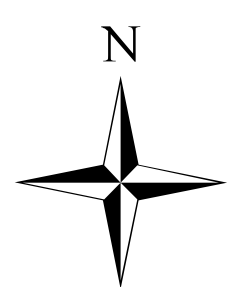
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be



Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

-  slib
-  zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand
-  harde bodem
-  onbekend



0 1 2 3 4 5 km

**Bijlage I De ongesuperviseerde lithologische kaart
2009 op basis van de volledige Beneden-Zeeschelde
backscatter dataset (33x33 14 klassen)**

Bath - Saeftinghe

Saeftinghe - Doel

Doel - Filip

Filip - Oosterweel

Rede van Antwerpen

Burcht - Rupelmonde

Schaar van Ouden Doel


Punt van Melsele

Plaat van Boomke

Oosterweel

Legende

- 1. onbekend
- 2. zand
- 3. harde bodem
- 4. harde bodem klei
- 5. onbekend
- 6. harde bodem
- 7. zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand
- 8. zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand
- 9. harde bodem
- 10. zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand
- 11. slib
- 12. slib
- 13. harde bodem
- 14. zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand



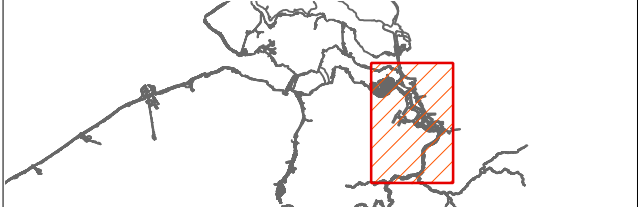
Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang


**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Ongesuperviseerde lithologische kaart
Beneden - Zeeschelde**


Kaart nr.: 11341_016_101006 Datum: 06/10/2010





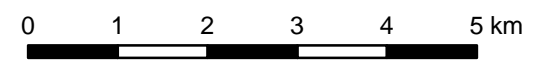
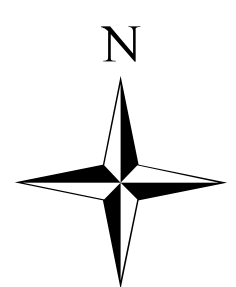
IMDC
International Marine & Dredging Consultants

i.s.m.

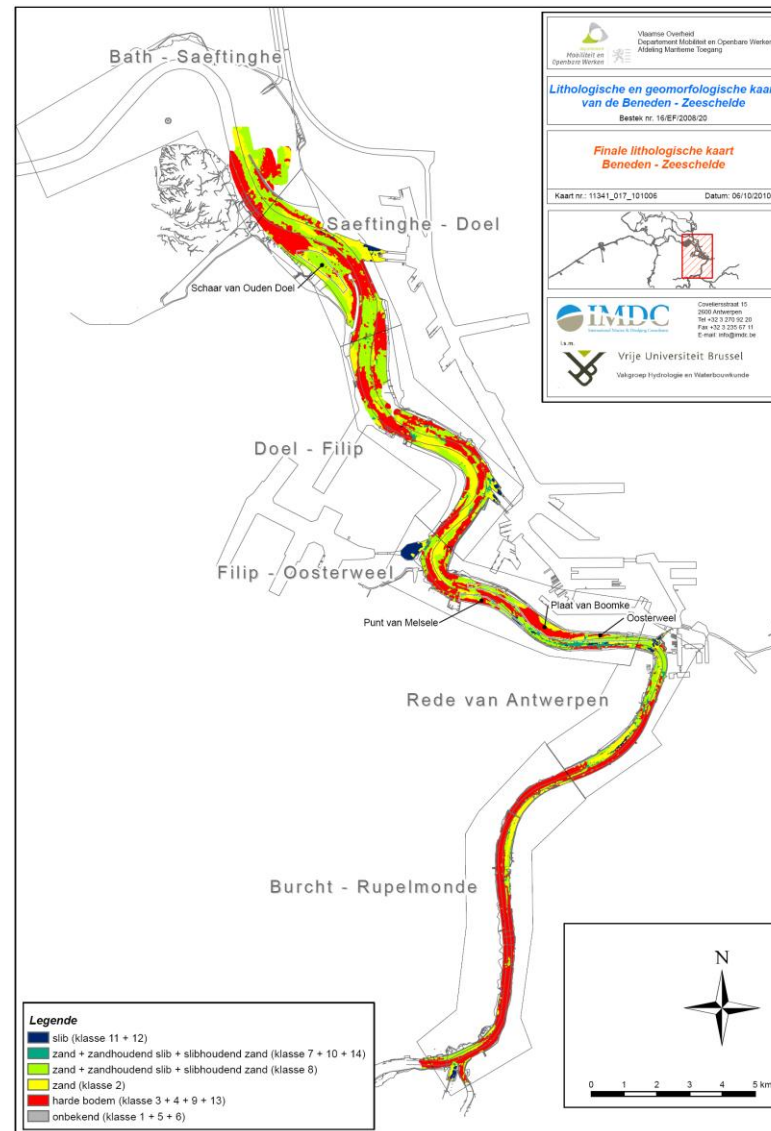
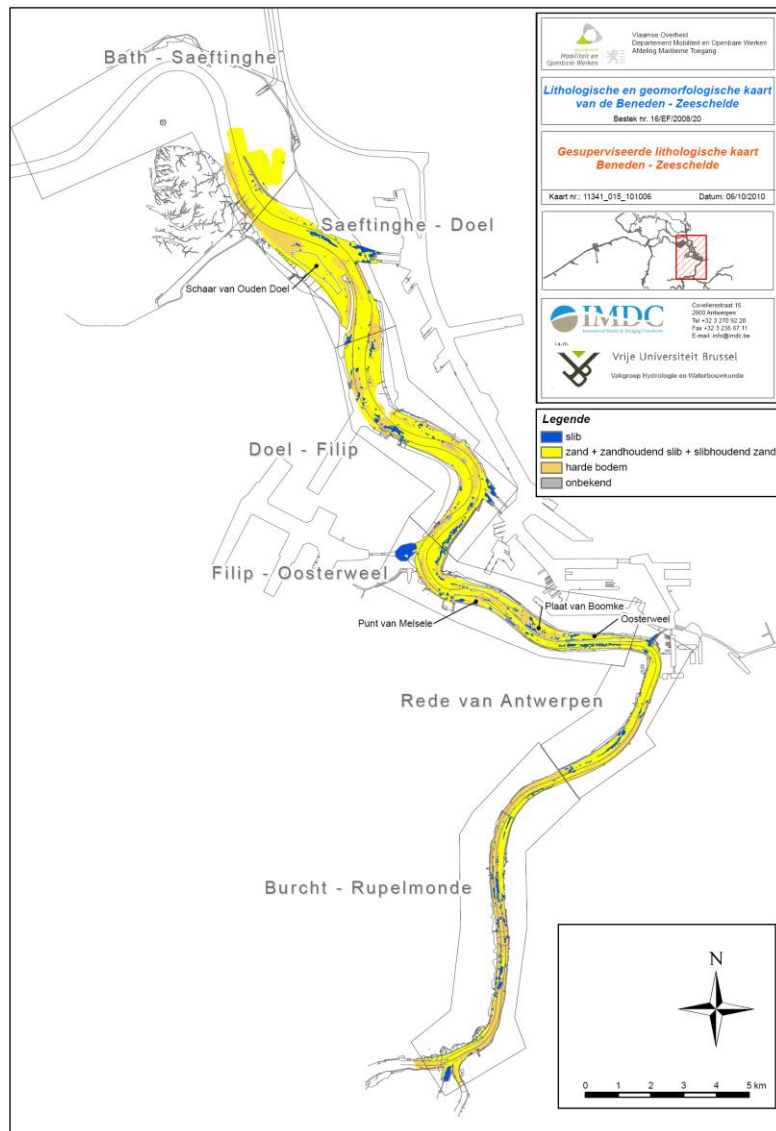


Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde



**Bijlage J Vergelijking tussen de gesuperviseerde
(33x33_15 klassen) en de ongesuperviseerde kaart
(33x33_14 klassen) van de Beneden-Zeeschelde**



Bijlage K De finale lithologische kaart 2009

Bath - Saeftinghe



Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

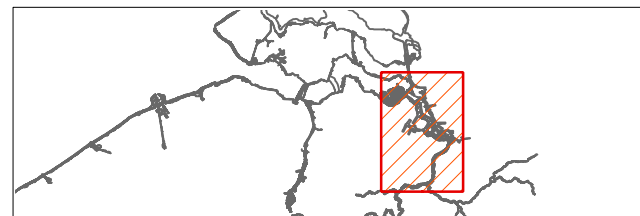
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Beneden - Zeeschelde**

Kaart nr.: 11341_017_101006

Datum: 06/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be



Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Schaar van Ouden Doel

Saeftinghe - Doel

Doel - Filip

Filip - Oosterweel

Punt van Melsele

Plaat van Boomke

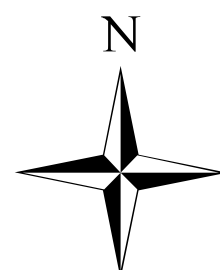
Oosterweel

Rede van Antwerpen

Burcht - Rupelmonde

Legende

- slib (klasse 11 + 12)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
- zand (klasse 2)
- harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
- onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 1 2 3 4 5 km

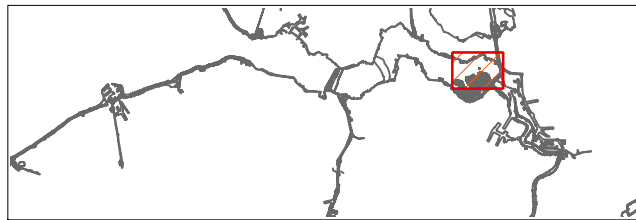
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Bath - Saeftinghe**

Kaart nr.: 11341_018_101006

Datum: 06/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be







i.s.m.

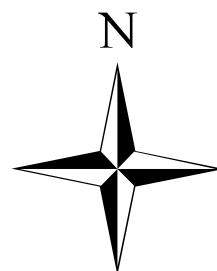


Vrije Universiteit Brussel

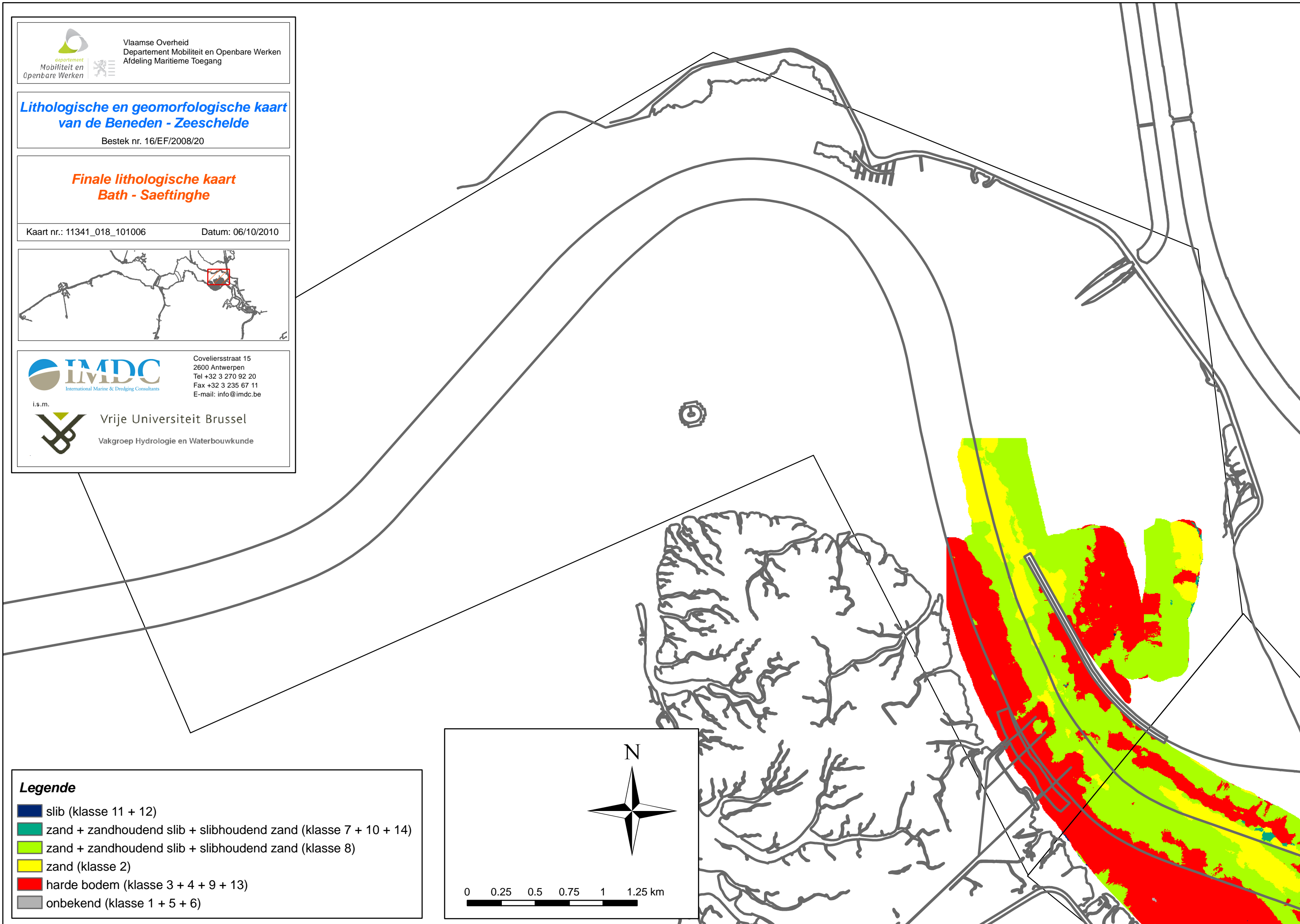
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

-  slib (klasse 11 + 12)
-  zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
-  zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
-  zand (klasse 2)
-  harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
-  onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 0.25 0.5 0.75 1 1.25 km



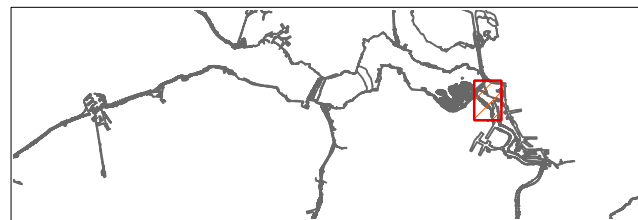
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Saeftinghe - Doel**

Kaart nr.: 11341_019_101006

Datum: 06/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.



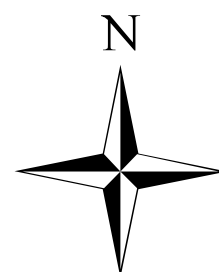
Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Schaar van Ouden Doel

Legende

- slib (klasse 11 + 12)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
- zand (klasse 2)
- harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
- onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 km

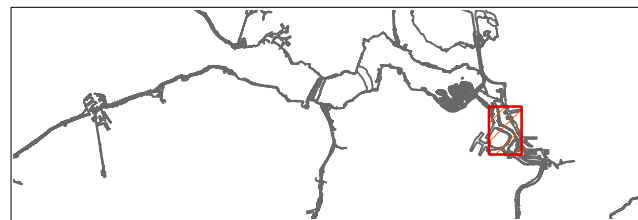
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Doel - Filip**

Kaart nr.: 11341_020_101006

Datum: 06/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.

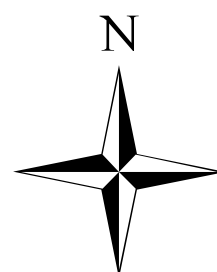


Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

- slib (klasse 11 + 12)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
- zand (klasse 2)
- harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
- onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 0.25 0.5 0.75 1 1.25 km

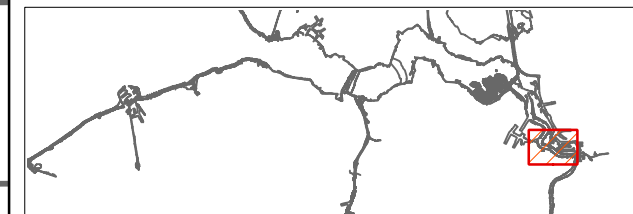
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Filip - Oosterweel**

Kaart nr.: 11341_021_101006

Datum: 06/10/2010

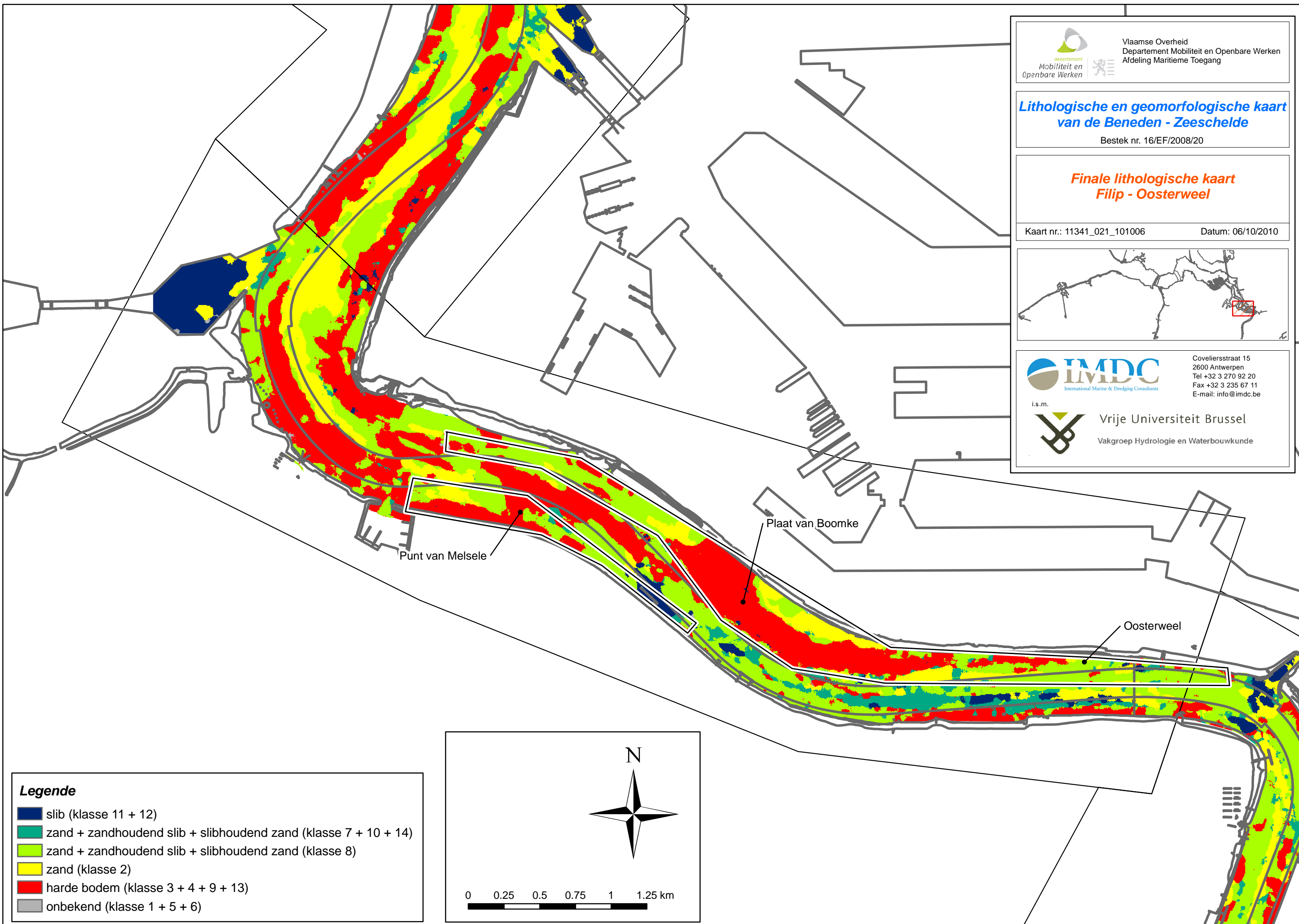


i.s.m.



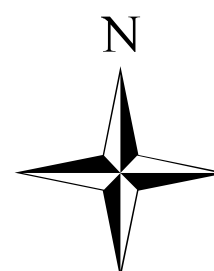
Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be



Legende

- slib (klasse 11 + 12)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
- zand (klasse 2)
- harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
- onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 0.25 0.5 0.75 1 1.25 km



Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

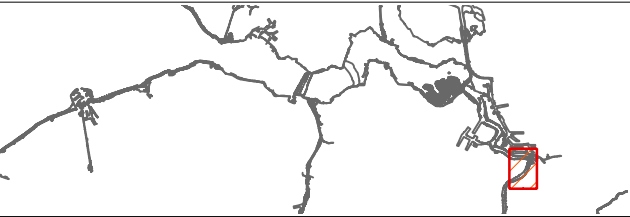
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Rede van Antwerpen**

Kaart nr.: 11341_022_101006

Datum: 06/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

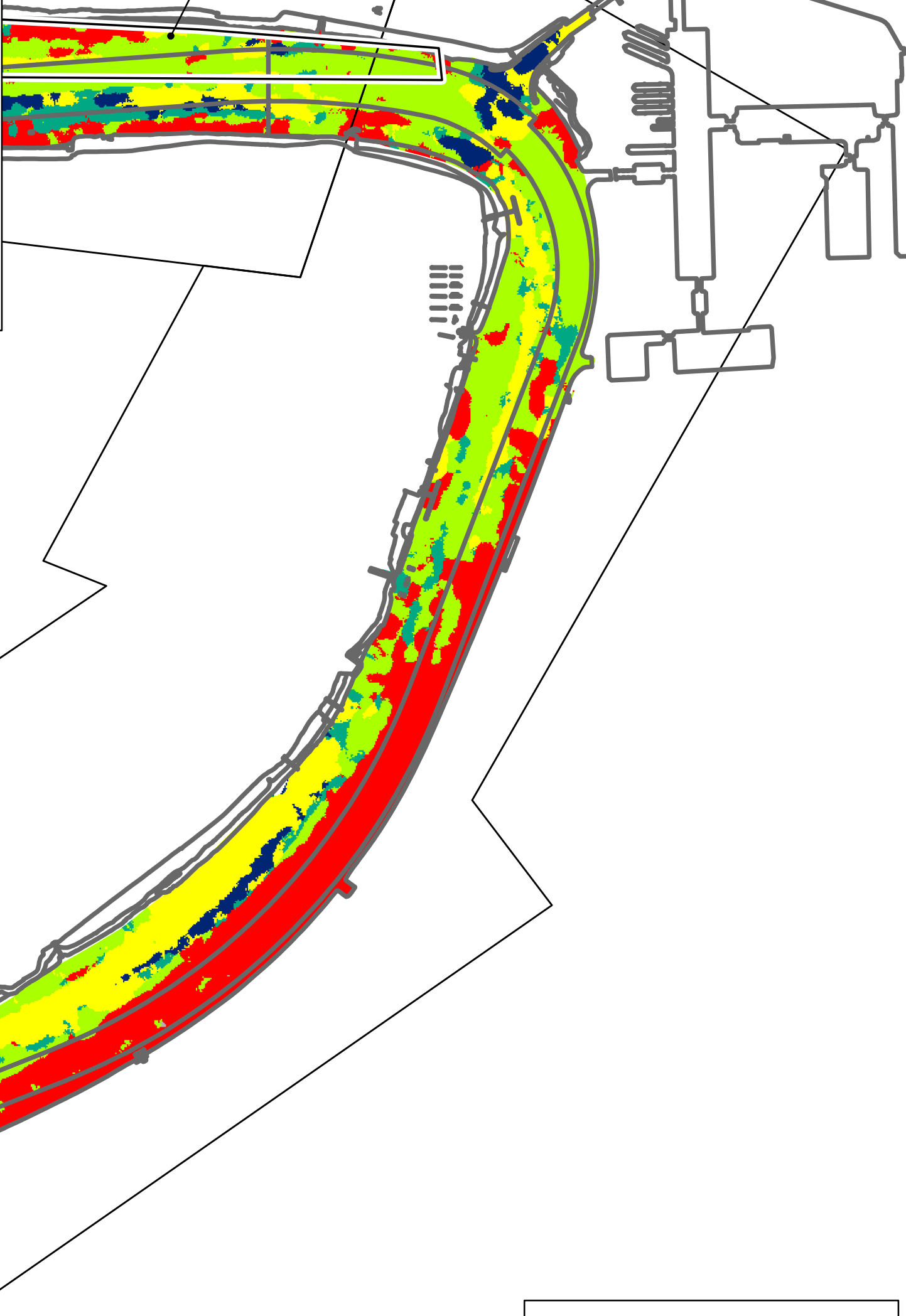
i.s.m.



Vrije Universiteit Brussel

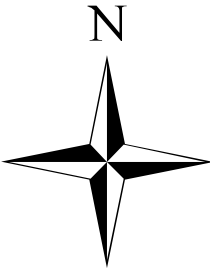
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Oosterweel



Legende

- slib (klasse 11 + 12)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
- zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
- zand (klasse 2)
- harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
- onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 km

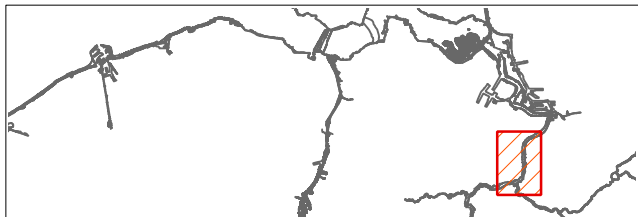
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Finale lithologische kaart
Burcht - Rupelmonde**

Kaart nr.: 11341_023_101006

Datum: 06/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be







i.s.m.

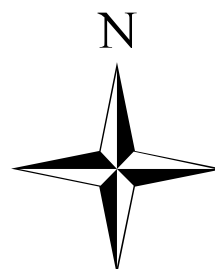


Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde



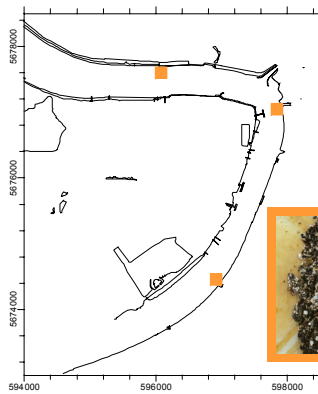
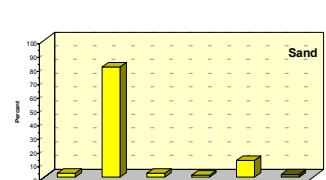
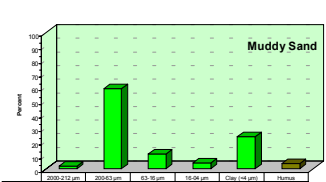
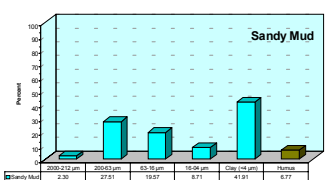
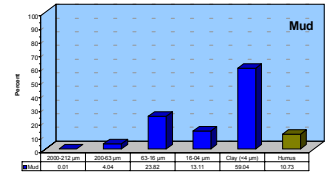
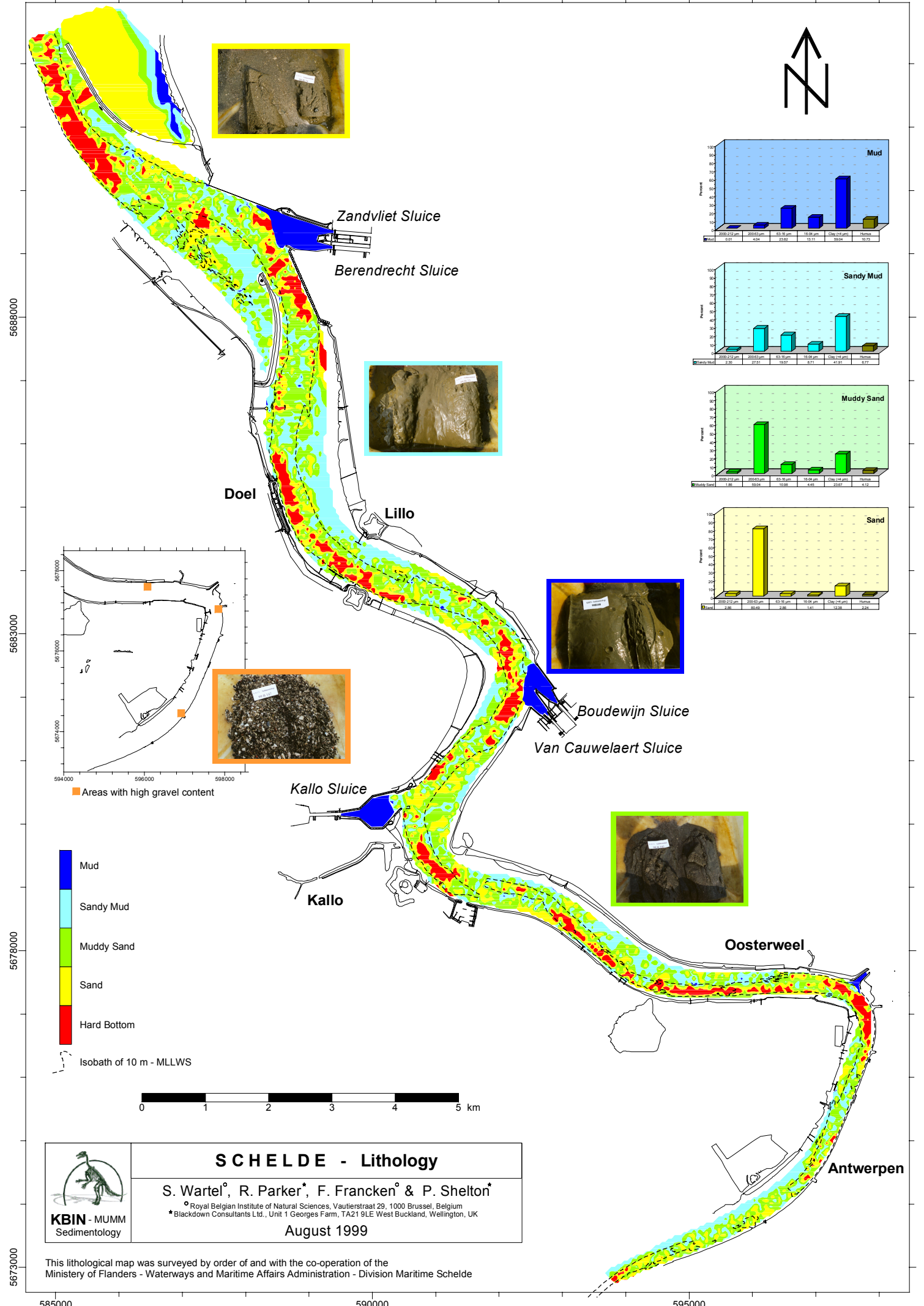
Legende

-  slib (klasse 11 + 12)
-  zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 7 + 10 + 14)
-  zand + zandhoudend slib + slibhoudend zand (klasse 8)
-  zand (klasse 2)
-  harde bodem (klasse 3 + 4 + 9 + 13)
-  onbekend (klasse 1 + 5 + 6)



0 0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 km

Bijlage L De lithologische kaart 1999 (Wartel et al., 2000)



- Mud
- Sandy Mud
- Muddy Sand
- Sand
- Hard Bottom
- Isobath of 10 m - MLLWS



SCHelde - Lithology

S. Wartel^o, R. Parker^{*}, F. Francken^o & P. Shelton^{*}

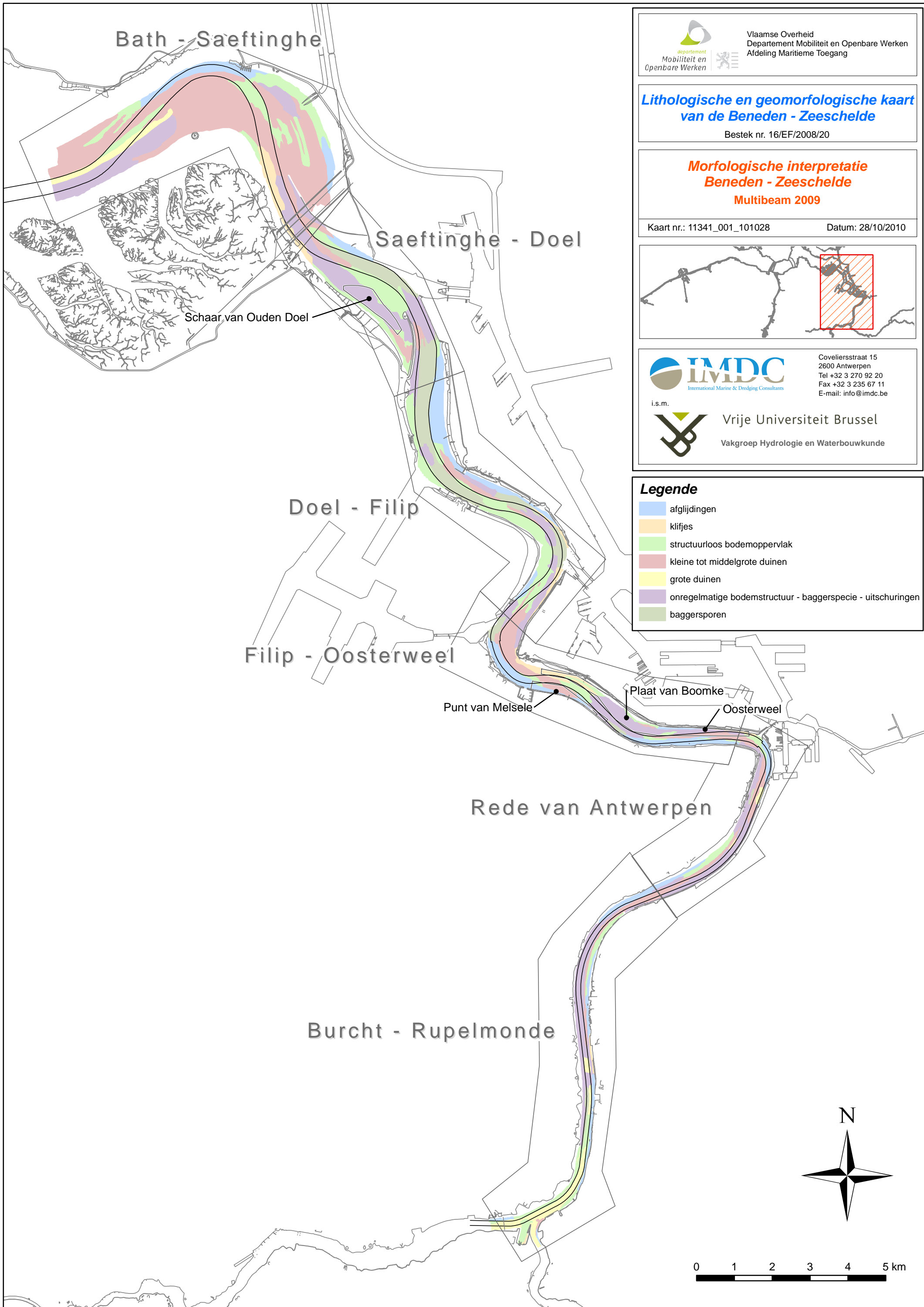
^oRoyal Belgian Institute of Natural Sciences, Vautierstraat 29, 1000 Brussel, Belgium

^{*}Blackdown Consultants Ltd., Unit 1 Georges Farm, TA21 9LE West Buckland, Wellington, UK

August 1999

This lithological map was surveyed by order of and with the co-operation of the Ministry of Flanders - Waterways and Maritime Affairs Administration - Division Maritime Schelde

Bijlage M De geomorfologische kaart 2009



Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

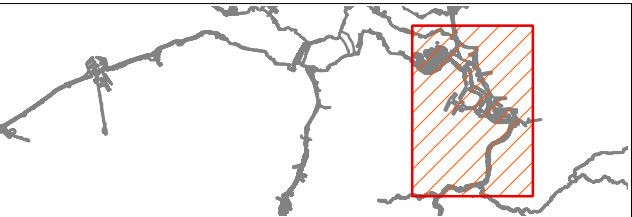
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Morfologische interpretatie
Beneden - Zeeschelde
Multibeam 2009**

Kaart nr.: 11341_001_101028

Datum: 28/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.

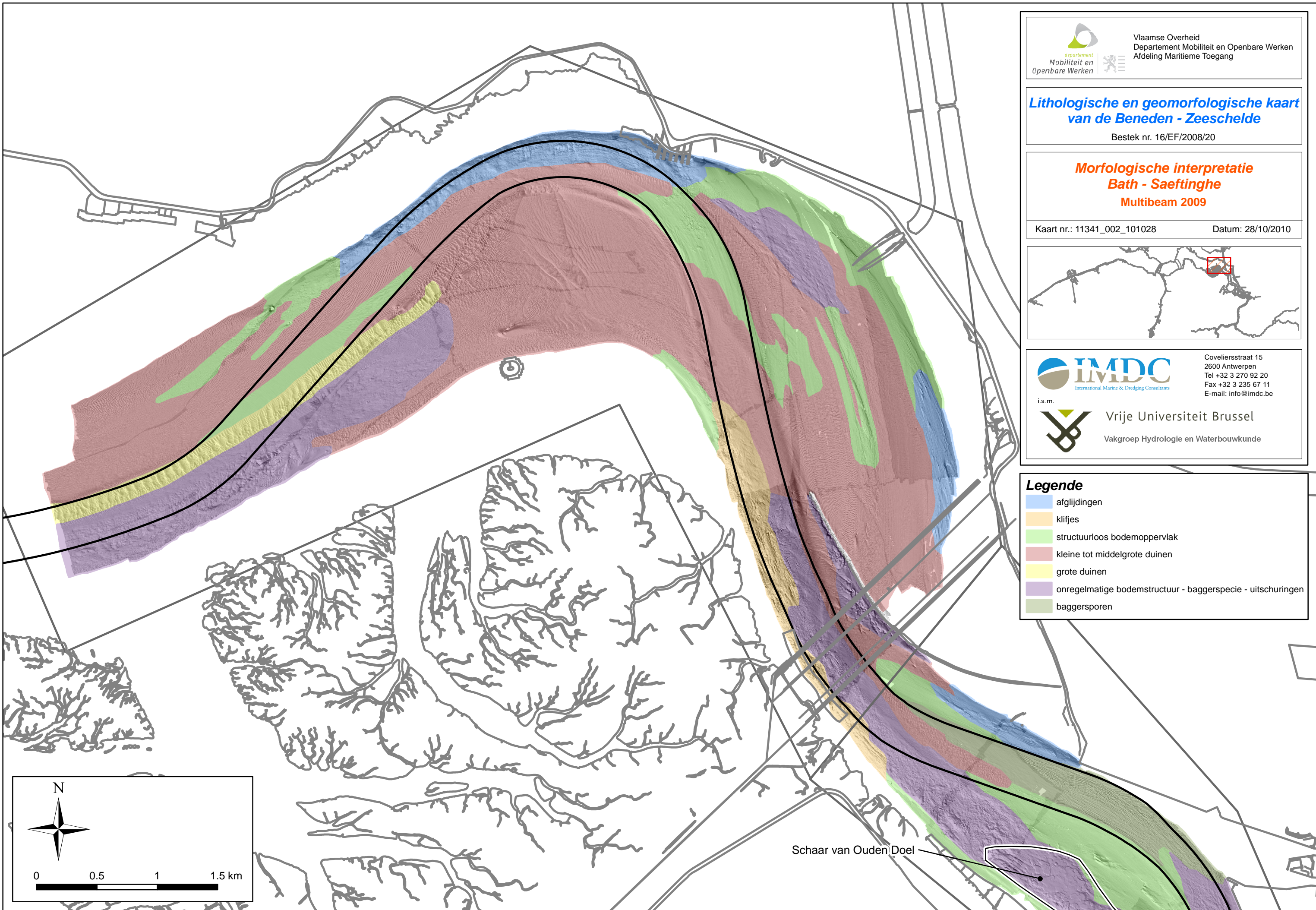


Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen



**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Morfologische interpretatie
Bath - Saeftinghe
Multibeam 2009**

Kaart nr.: 11341_002_101028

Datum: 28/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.

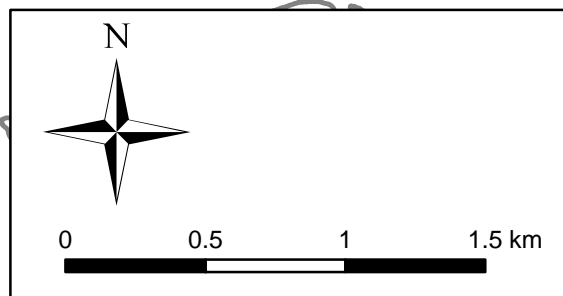


Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen



Schaar van Ouden Doel



Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

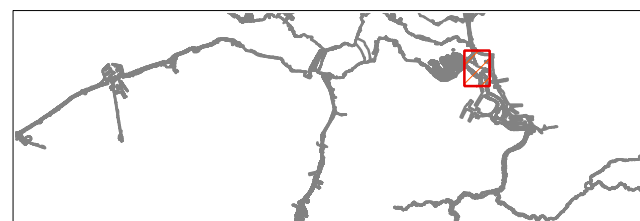
Lithologische en geomorfologische kaart van de Beneden - Zeeschelde

Bestek nr. 16/EF/2008/20

Morfologische interpretatie Saeftinghe - Doel Multibeam 2009

Kaart nr.: 11341_003_101028

Datum: 28/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.



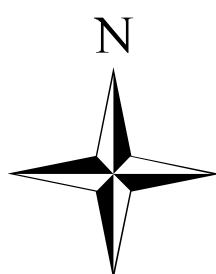
Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

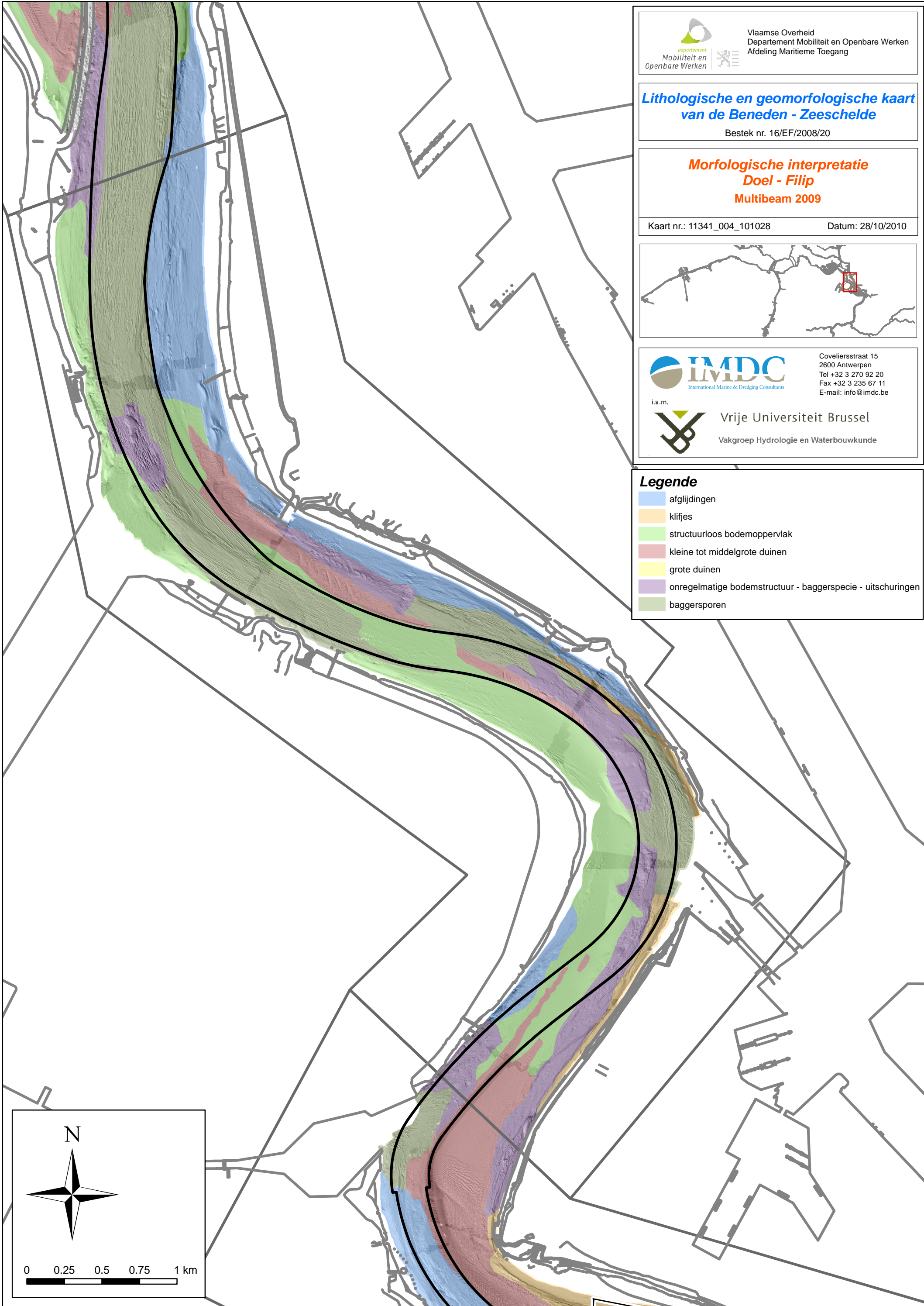
Legende


- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen

Schaar van Ouden Doel



0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 km





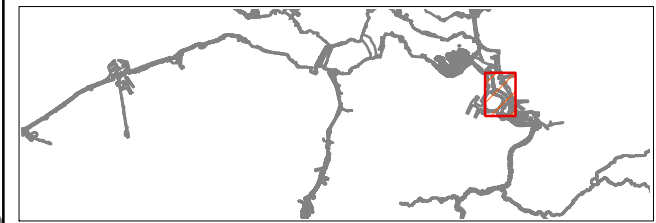
Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Morfologische interpretatie
Doel - Filip
Multibeam 2009**

Kaart nr.: 11341_004_101028 Datum: 28/10/2010





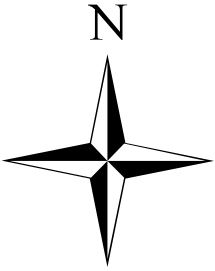
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be



Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen



0 0.25 0.5 0.75 1 km

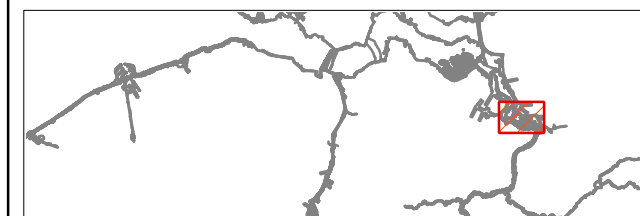
**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Morfologische interpretatie
Filip - Oosterweel
Multibeam 2009**

Kaart nr.: 11341_005_101028

Datum: 28/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.



Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen

Punt van Melsele

Plaat van Boomke

Oosterweel



0 0.5 1 1.5 km



Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Morfologische interpretatie
Rede van Antwerpen
Multibeam 2009**

Kaart nr.: 11341_006_101028

Datum: 28/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

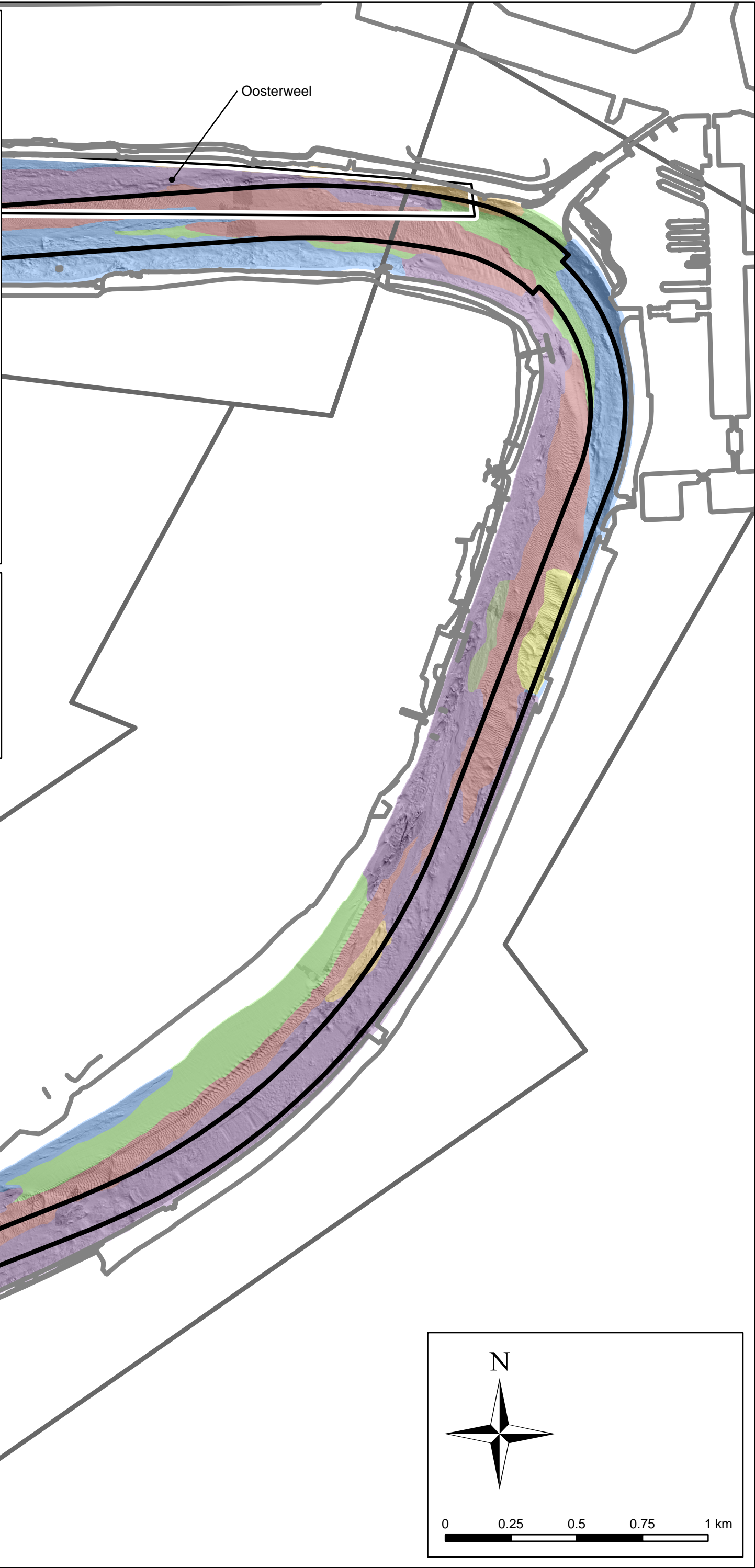


Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

Legende

- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen





Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

**Lithologische en geomorfologische kaart
van de Beneden - Zeeschelde**

Bestek nr. 16/EF/2008/20

**Morfologische interpretatie
Burcht - Rupelmonde
Multibeam 2009**

Kaart nr.: 11341_007_101028

Datum: 28/10/2010



Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

i.s.m.

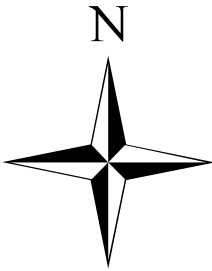
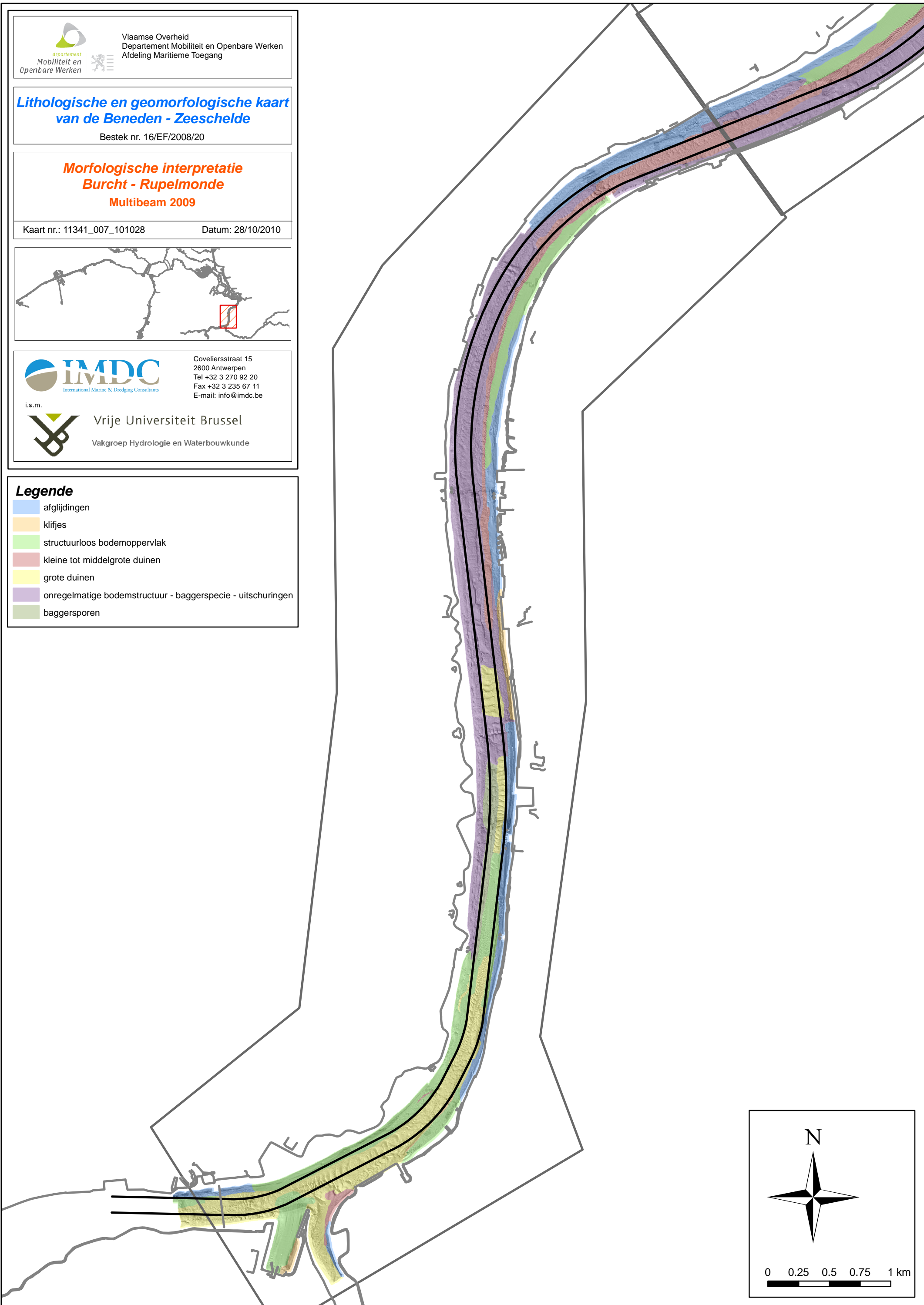


Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

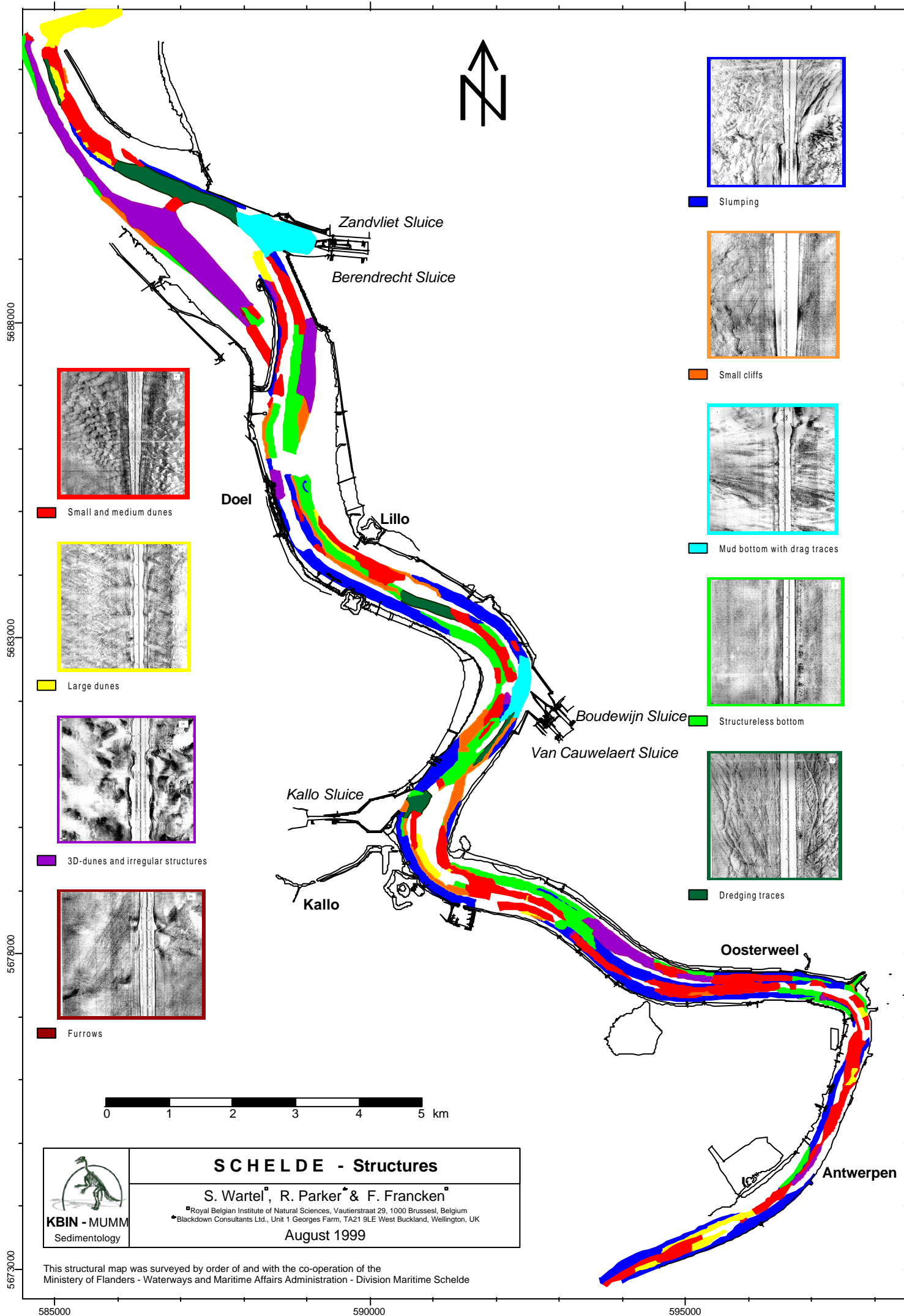
Legende

- afglijdingen
- klifjes
- structuurloos bodemoppervlak
- kleine tot middelgrote duinen
- grote duinen
- onregelmatige bodemstructuur - baggerspecie - uitschuringen
- baggersporen



0 0.25 0.5 0.75 1 km

Bijlage N De geomorfologische kaart 1999 (Wartel et al., 2000)



SCHELDE - Structures

S. Wartel^{*}, R. Parker^{*} & F. Francken^{*}

^{*}Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Vautierstraat 29, 1000 Brussels, Belgium
^{*}Blackdown Consultants Ltd., Unit 1 Georges Farm, TA21 9LE West Buckland, Wellington, UK

August 1999

This structural map was surveyed by order of and with the co-operation of the
 Ministry of Flanders - Waterways and Maritime Affairs Administration - Division Maritime Schelde